

# El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re)conocemos lo imperdible?

*Por Bernita Doornbos, Asesora Temática del Programa Bosques Andinos, HELVETAS Swiss Intercooperation*

---

El Programa Bosques Andinos promueve el manejo sostenible de paisajes de montaña y valora el rol que cumplen los bosques montanos de los Andes en la adaptación y mitigación al cambio climático. Bosques Andinos impulsa la generación de conocimiento, la acción y la toma de decisión para conservar y manejar sosteniblemente los bosques de montaña frente al cambio climático. Contribuye a mejorar las capacidades de los actores a nivel local, nacional, regional andino y global para aplicar prácticas, herramientas y políticas que incentivan la conservación de los bosques andinos. El Programa Bosques Andinos forma parte del Programa Global de Cambio Climático de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y es facilitado por el Consorcio HELVETAS Swiss Intercooperation – CONDESAN, por un período de 4 años en su primera fase (2014 – 2018).

---



## ¿Qué funciones cumplen los bosques andinos en relación al agua y suelo?

Los bosques montanos de los Andes son vistos comúnmente como el hermano menor de las grandes extensiones de bosques amazónicos: cubren **11%** (o 31 millones de hectáreas) del área total de bosques de los siete países que comparten los Andes. Pero nuestra dependencia de ellos es realmente significativa: 40 millones de personas (**21%** de la población total de estos países) dependen de manera directa del agua y de otros servicios ecosistémicos que proveen estos bosques (Programa Bosques Andinos, 2014, Cuesta et al., 2009:7).

En este documento sintetizamos las funciones que tienen los bosques andinos para la provisión de agua y la estabilidad de suelo, en un contexto de presiones humanas conocidas y de cambio climático, para reflexionar sobre cuánto (re) conocemos el valor de este ecosistema.

Si tan solo nos enfocamos en **agua y suelo**, dejando de lado la biodiversidad, el carbono, los productos maderables y no maderables o los intangibles, tales como su belleza; una serie de funciones de regulación y soporte se evidencian: la **regulación** hídrica, el **rendimiento** hídrico y la **protección** del suelo contra el impacto de la lluvia, reduciendo la erosión y los peligros de deslizamientos, y manteniendo así la calidad del agua. De manera cualitativa, se conoce que los bosques y sus suelos ricos en materia orgánica *regulan* los caudales *en el tiempo* porque almacenan agua en el (sub)suelo en periodos de lluvia, para soltarla en épocas secas hacia los cauces de agua, constituyendo el caudal de base y reduciendo caudales máximos. Los bosques andinos tienen un mayor *rendimiento* hídrico (porción de la precipitación que escurre) que los bosques más secos de menor altitud, porque a mayor altitud, mayor precipitación, frente a una menor evapotranspiración por las bajas temperaturas y la nubosidad. Otra función clave es la *protección del suelo* en

laderas con fuertes pendientes y suelos pocos profundos, encima de las rocas. Las raíces de los árboles estabilizan el suelo mientras que su follaje, pero también la vegetación del sotobosques, la hojarasca y la materia orgánica acumulada, protegen el suelo contra el impacto directo de las gotas de lluvia y el viento (Herzog et al., 2011:11,175).

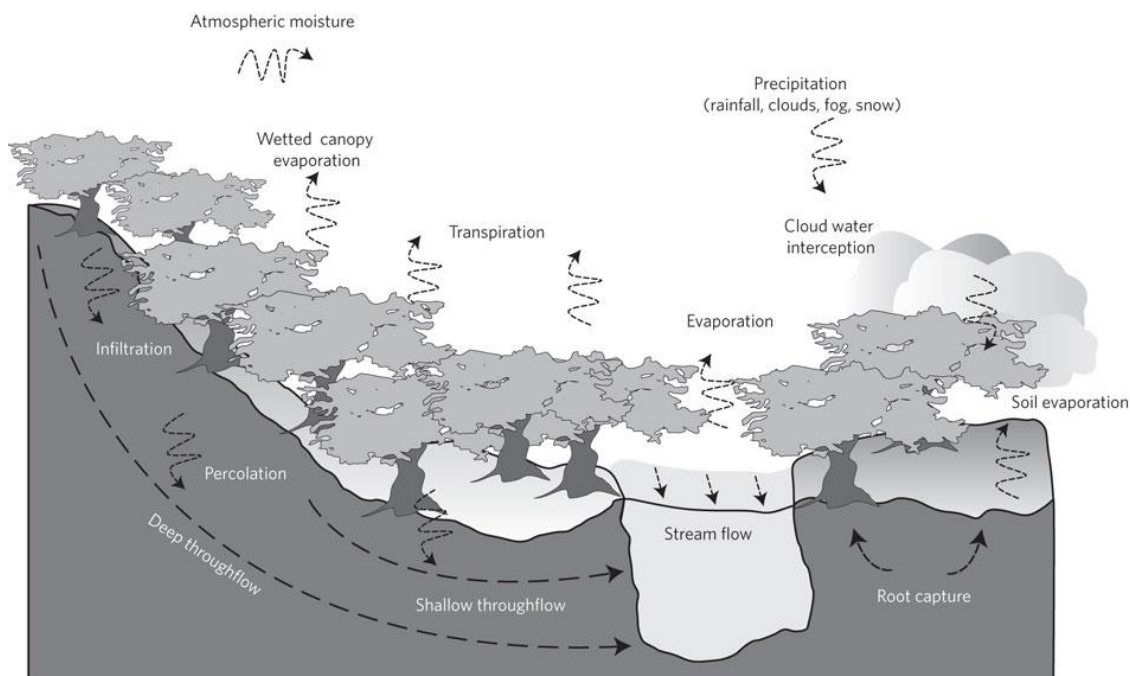


Figura 1. Flujos de un balance hídrico en bosques de montaña (Wohl et al., 2012)

Es interesante y relevante intentar **cuantificar** estos servicios ecosistémicos, como un primer paso hacia una valoración de los bosques. Tobón (2009) revisó varios estudios para cuantificar las partes más importantes del **balance hídrico** en cuencas con cobertura de bosque montano (ver la Figura 1). La Figura 1 resume el rango de datos de varias fuentes (notándose la gran variación entre las localidades estudiadas), para bosques ubicados entre 1800 a 3200 msnm. Se observa que en zonas altoandinas, en las cabeceras de las cuencas, con una precipitación mayor a los 1000 mm/año que consume y transpira la vegetación, el **rendimiento hídrico** es muy alto: en el orden de **0.55** encontrado en Colombia (Tobón, 2009:45). El rol de los bosques andinos en la regulación hídrica parece estar mucho menos cuantificado, y por ello más monitoreo es necesario<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>En el marco de la iniciativa de monitoreo hidrológico en ecosistemas de montaña (iMHEA), hay trabajos en curso en cuencas con cobertura (parcial) de bosques: La organización Naturaleza y Cultura (NCI) monitorea por ejemplo bajo bosques en Pacaipampa, Piura, cuenca Quiroz, Perú. Ver <http://www.cop20.pe/ck/iniciativa-de-monitoreo-hidrologico-en-los-ecosistemas-andinos-de-piura/>. Los resultados de monitoreo serán de mucho valor para visualizar mejor el efecto de la pérdida de áreas de bosque, traducidos a un recurso de mucho interés y preocupación local.

**Tabla N° 1: Rangos cuantitativos de fracciones del balance hídrico en bosques andinos**

Factor	Relación cualitativa	Mínimo	Máximo
<b>Precipitación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A mayor altura, mayor precipitación (en ciertas zonas de 150 a 250 mm por cada 100 metros de elevación), pero depende de la vertiente y exposición a las masas de nubes.</li> <li>Aporte adicional de precipitación horizontal (niebla y lluvia en viento, interceptada por vegetación) en caso de bosques montanos pluviales, entre 5 a 35% de la precipitación (Tobón, 2009:25,28,32,36).</li> </ul>	600 mm/año	6.000 mm/año
<b>Evapotranspiración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incluye evaporación de la lluvia interceptada por el dosel (interceptación) y transpiración por los árboles necesaria para su crecimiento. Unos 980 mm/año.</li> <li>Bajas temperaturas, presencia de niebla y alta nubosidad y una alta relativa humedad permanente reducen ET (menor a mayor altitud: 150 menos por cada 1000 metros de elevación) (Tobón, 2009:19,25-26,38).</li> <li>Sobre el consumo de agua por los bosques: es mayor a otros tipos de vegetación por la profundidad de las raíces, la estatura y el follaje. Árboles en general consumen entre 170–340 litros de agua por cada kg de biomasa que acumulan. Bosques templados transpiran entre 300-600 mm/año, bosques montanos tropicales 500-850 mm/año, y plantaciones tropicales 1000-1500 mm/año. En comparación, cultivos agrícolas en zonas templadas transpiran 400 – 500 mm/año (Price et al, 2011:15).</li> </ul>	460 mm/año	1.280 mm/año
<b>Rendimiento hídrico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El escurrimiento superficial es muy bajo, por los suelos con alta porosidad, alto contenido en materia orgánica y alta capacidad de infiltración y retención (Tobón, 2009:42; Buytaert et al., 2011:23).</li> <li>Por estas condiciones (<math>P - ET</math>) hay un alto escurrimiento sub-superficial.</li> <li>La relación entre escurrimiento versus precipitación está entre 0.55 -0.57, versus 0.19 para un bosque seco tropical y 0.42 para un bosque húmedo tropical, solo superado por páramo con 0.63 (Tobón, 2009:45).</li> </ul>	0.55 -0.57	
<b>Regulación hídrica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacidad de regulación es muy alta, dado una baja variabilidad temporal en la precipitación y una alta capacidad de retención e infiltración y aporte a flujos sub-superficiales.</li> <li>Significa, frente a una situación con bosque degradado: un caudal de base más alto y constante, caudales pico menores y un mayor tiempo de respuesta ante las lluvias.</li> <li>No parece haber mucho monitoreo todavía en bosques andinos pero en cuencas con páramo el ratio entre caudales máximos sobre los de base está en 5, valor favorablemente bajo (Buytaert et al., 2011:23).</li> </ul>		

En cuanto a los procesos de erosión bajo bosques andinos y la incidencia de deslizamientos: hay procesos naturales que ocurren bajo una cobertura conservada, pero en caso de intervención humana y cambios en la cobertura de bosque, causan mayores pérdidas de suelo (Tobón, 2009). Por su ubicación en zonas de laderas, sobre suelos poco profundos y a veces encima de roca, los riesgos de erosión son altos de por sí, y especialmente en concierto con una precipitación relativamente alta (> 1500 mm) en las zonas de cabecera de cuenca o en las riberas de las quebradas y ríos. Países de montaña como Suiza reconocen que los bosques cumplen una función de protección contra peligros naturales (como deslizamientos y derrumbes de rocas), de forma muy costo-eficaz frente a medidas técnicas-mecánicas (que costarían 5-20 veces más) (Price et al., 2011:22).



## ¿Quiénes se benefician de estas funciones? ¿Cuánto sabemos?

El agua (cantidad regulada en el tiempo) proveniente de zonas con bosques andinos, es fundamental para consumidores de agua potable en ciudades (grandes) andinas y costeras. En términos de volumen de agua y valor de la producción agrícola, el uso para riego es muy importante, servicio que depende a menudo de infraestructura como reservorios. También el uso del agua para generar hidroelectricidad es clave y de relevancia económica: actualmente y en promedio, 54% de la provisión proviene de ríos andinos, variando entre Colombia (80%), Perú (70%) a Ecuador (45%) y Bolivia (40%). El potencial es mucho mayor y la demanda en la región motiva la construcción de nuevas centrales. Se espera más uso de agua desde cauces naturales e infraestructura a futuro por mayor población y demanda de agua y energía (Herzog et al., 2011:330). Una cuantificación y ubicación del número de beneficiarios dependientes y el valor social y económico de su beneficio sería un ejercicio importante de emprender.

En zonas con bosques andinos degradados, se evidencia claramente el rol que cumplen para estabilizar el suelo. Los deslizamientos causan daños en la vialidad e interrupciones en las comunicaciones. Ocurren huaycos e inundaciones de zonas riberas y (peri)urbanas, como en las torrentes de Cochabamba en Bolivia. Un análisis del costo económico de estos eventos a partir de eventos ocurridos en el pasado podría dar luces al respecto. En caso de la infraestructura de agua, valoración de daños en caso de extremos como el Niño y los costos de mantenimiento asociados podrían dar pistas para la valoración.

# 3

## ¿Qué novedades hay en un contexto de cambio climático?

Las presiones humanas directas sobre los bosques y las tendencias en el área y la integridad de los bosques por las intervenciones humanas son conocidas: hay deforestación y degradación (quema) del bosque por los cambios de uso de suelo a pastos y áreas de cultivo, pero también en zonas específicas por urbanización o concentración de asentamientos, minería y apertura de infraestructura vial u otro, y la alteración o degradación por el uso de los recursos del bosque (leña, turismo). La Figura 2 muestra cómo, a raíz de estos cambios de uso de suelo, puedan cambiar las distintas partes del balance hídrico, en comparación con una situación con la cobertura natural original. La pregunta sobre cuánto más o menos esperamos es aún un vacío en el conocimiento. En el caso de los bosques andinos y la frecuente conversión a pastos, ello implica menos evapotranspiración, más escurrimiento superficial y menos infiltración y aporte al agua subterránea (ver Figura 2). Ello implica un mayor rendimiento hídrico y una menor capacidad de regulación hídrica en las cuencas, picos más altos y caudales de base menores (ver Tobón, 2009:48-57).

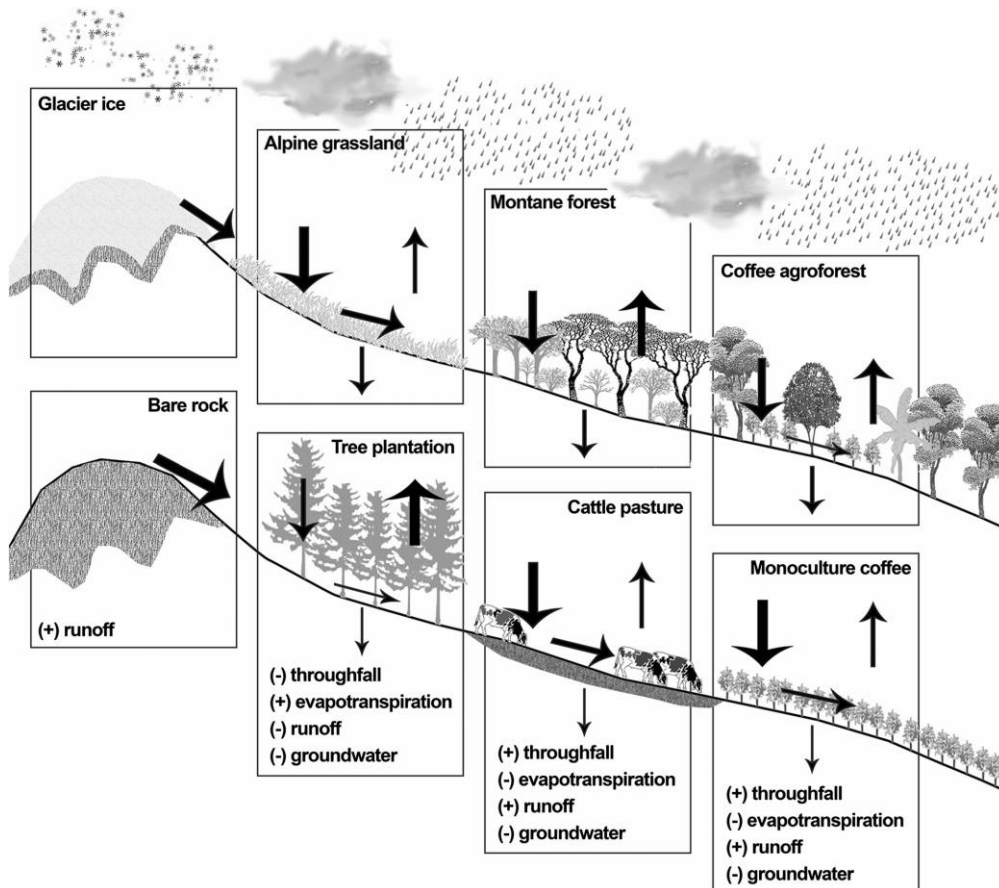


Figura 2. Arriba, los flujos de agua en un bosque montano tropical esquematizado, bajo cobertura glacial, pastos altoandinos, bosque andino y un sistema agroforestal de café. Abajo potenciales cambios en estos flujos de agua, por cambios como retroceso glacial, plantaciones forestales en pastos altoandinos, cambio de uso de bosque a pastos para ganadería e intensificación del sistema de café. Fuente: Ponette-Gonzalez et al., 2014

En este escenario actual de presiones sobre el bosque, queremos enfocarnos en una presión adicional, menos directa sobre el paisaje, pero no menos antrópica y a futuro un factor de peso: el **cambio climático**. Esta presión **agrava los efectos de los cambios de uso de suelo** señalados anteriormente.

**¿Qué es lo que sabemos?** En primer lugar, hay que reconocer que los **bosques andinos son vulnerables a y afectados por** tendencias en variables climáticas observadas. A menudo es y será de forma negativa y en algunos casos, podrían beneficiarse también en parte de la ecuación (ver Tabla ). Al momento, es difícil observar cambios en variables climáticas que van más allá de la variabilidad natural que hay en el clima en los Andes. Por ejemplo, la variabilidad interanual de la precipitación en Bolivia está en +/- 25% y para Perú un +/- 15% (Tobón, 2009:31; SENAMHI, 2012:48). Observaciones de tendencias del clima pasado quedan **aún dentro** de estos rangos, aunque si bien las proyecciones al año 2100, serían mucho menores (p.ej. 19 -33% debajo de la precipitación actual entre diciembre-enero-febrero en el caso de los Andes centrales, proyectado a 2071-2100 (Neukomm et al, 2015)).



Foto: © Jan R. Baiker

De la Tabla , que intenta resumir algunas tendencias (esperadas) en las variables climáticas y los **efectos** sobre bosques andinos y sus servicios ecosistémicos, se evidencia que, a grandes rasgos, las afectaciones se traducen en una menor cobertura con cambios en especies y zonas, que repercuten sobre el rendimiento (efecto incierto) y especialmente la regulación hídrica (será menor). No de una forma novedosa del tipo “nunca antes visto”, pero *aumentado por sobre* las presiones ya mencionadas. Ello, en buena medida, indica que **las estrategias y las medidas no serán nuevas**. Demandarán más conocimiento sobre la dirección del cambio climático y la vulnerabilidad de zonas específicas, y que es necesario manejar rangos de posibles impactos.

**Tabla 2. Cambios en variables climáticas y afectación (esperada) en los bosques andinos**

Variable climático e hidrológico	Efectos	Impacto (observado y esperado) sobre bosques andinos
<b>Temperatura ↑</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 2-3°C (Herzog et al., 2011:7).</li> <li>Aumentará evapotranspiración.</li> <li>Reduce humedad en el suelo y acelera descomposición de la materia orgánica del suelo y por ende incrementan GEI, además de reducir la capacidad de retención de humedad del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribución alterada.</li> <li>Migración de especies a mayor altitud.</li> <li>Suben zonas de agricultura y ganadería y asentamientos humanos, causando presión a bosques a mayor altitud.</li> <li>Reduce el área neta esp. a cotas inferiores a 2000 msnm.</li> <li>Incidencia de plagas y enfermedades.</li> </ul>
<b>Precipitación – cambios en la cantidad y distribución temporal (+ o - dependiente de la zona)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más lluvia en ciertos meses de forma más continua en el tiempo, causará saturación de suelos durante mayor tiempo.</li> <li>Posible aumento: 400-500 mm/año (Herzog et al., 2011:7 citando Urrutia y Vuille, 2009).</li> <li>Con mayores riesgos de erosión y deslizamientos (eventos de remoción en masa).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribución del (diversidad del) bosque y especies (p.ej. epífitas que son muy sensibles a cambios en humedad), hasta extinción de algunas.</li> <li>Incendios más frecuentes (que reducen área de bosque).</li> <li>En zonas con mayor P, tasa de crecimiento mayor.</li> </ul>
<b>Precipitación – ↑ intensidad de eventos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con mayor intensidad, habrá mayores riesgos de erosión hídrica, de deslizamientos y aluviones.</li> <li>Disminuye la cantidad de materia orgánica en el suelo, reduciendo su capacidad de infiltración.</li> </ul>	
<b>Precipitación - ↑ extremos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sequías.</li> <li>Eventos de lluvia intensa aumentan en frecuencia e intensidad / nuevos extremos (relacionados con ENSO).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor mortalidad de árboles.</li> </ul>
<b>Nubosidad y neblina ↓</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eleva la altitud en que se forman las nubes.</li> <li>Menor cobertura de nubes (Andes del norte).</li> <li>Mayor exposición a radiación, más ET y bosques de niebla captan menos precipitación horizontal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción del rendimiento hídrico.</li> </ul>
<b>Radiación solar ↑</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor ET.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribución de especies alterada.</li> </ul>
<b>Caudales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayores fluctuaciones de caudal (mayores picos) erosionan y desestabilizan bordes de río y causan inundaciones.</li> </ul>	
<b>Calidad de agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosión hídrica aumenta carga de sedimento en el agua, y reduce su calidad.</li> <li>Variación en temperatura del agua.</li> </ul>	

Fuente: elaborado a partir de Tobón, 2009:69-73; Herzog et al., 2011:7-8 para bosque de neblina y bosques andinos secos y estacionales, entre 800-3500 msnm; Cuesta et al., 2009:50,61.



Además de ser vulnerables al cambio climático, los bosques también juegan un doble rol en las estrategias de gestión frente al cambio climático: **mitigación y adaptación**. Esfuerzos por **conservar y restaurar** generan entonces beneficios sinérgicos.

Por el frente de la **mitigación** del cambio climático, se reconoce que **conservando lo existente** (protección, manejo), se mantendría el stock de carbono en la vegetación y el suelo. Y al dejar **regenerar y restaurar lo degradado**, quizá puede aumentar algo de este stock, capturando carbono al crecer, aunque es un proceso lento, por el lento crecimiento de estos bosques en temperaturas bajas. La estrategia principal y más costo-eficaz es entonces **poco innovador**: conservar, proteger y manejar sosteniblemente los bosques existentes, y restaurar en zonas críticas la cobertura boscosa con especies adecuadas. Si bien esta es una estrategia “pasiva” (Price et al., 2011:63), requerirá de un proceso activo, así como esfuerzos y acuerdos de múltiples actores a distintas escalas e incentivos, para ponerlo en práctica.

Un tema relacionado con la **conservación**, que sí amerita atención es el uso de madera de bosques de montaña como **leña** para fines energéticos por la población local rural. Para reducir esta presión, es necesario promover tecnologías y prácticas que aumentan la eficiencia energética de su uso (cocinas mejoradas, que pueden reducir el volumen usado de 0.96 m<sup>3</sup>/año/hogar en Perú con 40%), cambios hacia gas natural o fuentes renovables incluso, o que fomentan especies alternativas para leña cerca de las viviendas, todos con múltiples beneficios (Price et al., 2011:63, PlanCC, 2014). También significa que, estrategias de diversificación de ingresos rurales, desarrollando fuentes de ingreso a partir del bosque no invasivas (p.ej. productos no-maderables, turismo) indirectamente contribuyen a mitigar el cambio climático (REDD+) (ver también Price et al., 2011:64).

Otro frente es el de la **adaptación** al cambio climático. Significa por un lado, ayudar a que los **ecosistemas de bosque** sean menos afectados por (los efectos asociados a) los cambios en el clima y/o se recuperen mejor después de extremos (p.ej. derrumbes naturales, plagas)<sup>2</sup>. Por otro lado, implica ayudar a que las **poblaciones humanas** se ajusten a los cambios *intermediados por los bosques*, como el rendimiento y regulación del agua y la protección y estabilidad de los suelos<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup>Algunos ejemplos concretos de medidas que humanos intencionalmente pueden tomar en beneficio directo para ayudar los bosques a adaptarse son: planificar y asegurar corredores biológicos (zonas de conectividad), migración asistida de especies, poner controladores biológicos de plagas, gestión de riesgos de incendios, selección y enriquecimiento con especies más tolerantes a la dirección de cambio de las variables climáticas (ver Locatelli et al., 2010:30). Al final de cuentas, la intencionalidad detrás de estas acciones será el propio beneficio humano. Pero para actuar, población y decisores, todos requerirán la motivación y el incentivo para hacerlo, pesando *tradeoffs* y múltiples beneficios y costos.

<sup>3</sup>Este enfoque también es conocido como *adaptación basada en ecosistemas*, y se refiere al “uso de biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los impactos adversos del cambio climático” (CBD, 2009). Estrategias como el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas son expresiones de adaptación basado en ecosistemas porque aseguran servicios relevantes para la adaptación de la población y así mantienen e incrementan la resiliencia de ecosistemas

Para las poblaciones, es claro que la **dependencia humana** de estas funciones **se vuelve mayor** por el cambio climático.

Ahora, algunos **sectores, grupos sociales y zonas geográficas son afectados primero y más que otros**. Y también algunos actores tienen **más o menos responsabilidad, interés y capacidad de aporte** hacia la adaptación y la mitigación al cambio climático por medio de los bosques. De otro lado, los beneficios de la conservación y restauración pueden ser más o menos fáciles de cuantificar. Ejemplo de ello es la población rural alrededor de las áreas de bosque y la población rural y urbana consumidora de agua potable aguas abajo. Otros ejemplos son responsables de la construcción y mantenimiento de la vialidad en zonas de montaña, generalmente gobiernos locales o ministerios de obras públicas, y el sector privado y/o público que opera infraestructura hídrica o del sector turismo. Para poder priorizar poblaciones y zonas, **información espacial** es necesaria para poder diferenciar entre estos distintos niveles de afectación.

Para la función de **regulación hídrica**, aumenta la **urgencia de proteger y restaurar**: vía el fomento de la cobertura de la vegetación nativa de los bosques andinos para aportar a “**demorar el agua en la cuenca**”, y así aportar a salvaguardar caudales base y a amortiguar caudales máximos altos, especialmente en cuencas que alimentan agua para consumo humano, riego e hidroelectricidad y con zonas de asentamientos en riesgo. En zonas con suficiente lluvia (> 1000 mm/año), implica aumentar la cobertura con sistemas agroforestales, silvopastoriles, especies adecuadas para la protección y establecimiento de franjas ribereñas, o incluso plantaciones de especies exóticas para construcción y fines energéticos locales en zonas, todas **buscando múltiples beneficios simultáneos**. Implementar estas prácticas requerirá capacidades de organización (comunal, desde una mirada de cuenca) del espacio e incentivos (de todo tipo) para propietarios o usuarios de tierra individuales<sup>4</sup>.

Para la función de **protección de suelos**, a nivel de la *erosión* hídrica del suelo que aumenta la carga de sedimento en el agua, aumenta la urgencia de actuar en protección en vista de los costos para infraestructura como reservorios y sistemas de agua por la sedimentación, su colmatación y reducción de capacidad de almacenaje. Para centrales hidroeléctricas, el sedimento daña a los generadores e incrementa costos por sedimentadores y filtros. A una mayor escala, la *estabilidad* del suelo en pendientes, aumenta la necesidad de asegurar cobertura de bosques con especies adecuadas en pendientes para reducir los riesgos de deslizamientos,

---

y población humana dependiente. O, en otras palabras, mantener y mejorar la “infraestructura verde” o (semi)natural de una cuenca para asegurar bienes y servicios que la población aún más necesita en tiempos de cambio en el clima.

<sup>4</sup>Un ejemplo concreto de un esfuerzo con múltiples beneficios a una escala de cuenca es el de 350 familias de diez caseríos de la Comunidad Campesina Yamango, provincia Morropón, región Piura, quienes han reforestado zonas de bosques degradadas con especies exóticas y nativas, para asegurar el agua a los agricultores cafetaleros de la cuenca media y, adicionalmente, están obteniendo ingresos económicos por la venta de bonos de carbono al mercado voluntario, derivados de la conservación de bosques en pie (MINAM, 2015:72-83).

aluviones y evitar los costos asociados por daños a poblaciones, infraestructura y conectividad vial.

Para ambas funciones, la **capacidad de entender la vulnerabilidad y la identificación y planificación** de zonas prioritarias de conservación y restauración con **finés estratégicos**, será clave en gobiernos locales y agencias de ministerios ambientales y agencias de conservación, pero también en diseñadores de proyectos de vialidad e infraestructura relacionado con agua, como el riego. La cuenca de captación debe formar parte integral del diseño de las redes viales y de agua (ver Price et al.,2011:63).

En conclusión, el **cambio climático es una razón más para actuar ahora** por la conservación y restauración de los bosques andinos, asegurando que poblaciones puedan enfrentar mejor las consecuencias negativas para los servicios ecosistémicos. Para **potenciar y valorar las funciones** de los bosques andinos en un contexto de cambio climático es necesario que según los roles y ámbitos de acción y decisión, los distintos propietarios apliquen buenas **prácticas** que les generen múltiples beneficios, motivados vía **políticas e incentivos** por usuarios de agua, gobiernos locales, inversionistas privadas para hacerlo e orientados por investigadores que generan **investigación y conocimientos** sobre las siguientes preguntas.

Para dimensionar mejor cómo el cambio climático exagera presiones humanas existentes, es tarea mínima identificar *cuánto* cambiaría el clima (localmente hasta regionalmente) y luego entender *según qué mecanismos y procesos* biofísicos y de gobernanza estos cambios afectan (o podrían afectar) a los bosques y a la población que depende de ellos. Estudios que aplican modelos deben ser acompañados por **monitoreo real en campo** (relacionando precipitación con el caudal en el tiempo combinado con cobertura vegetal), entre otros (pero no solo por eso) por propuestas de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos (ver Ponette-Gonzales et al., 2014). Luego, desde la adaptación, también será necesario aproximarnos a estimar *dónde y cuándo* podría darse una afectación mayor e incluso *cuánto*, como para ameritar acciones con mayor prioridad. Desde la contribución a la mitigación, las preguntas serán hacia localizar y cuantificar el ciclo de carbono y su monitoreo largo plazo, y bajo distintos regímenes de conservación y manejo. En suma, el cambio climático genera muchas **preguntas adicionales**, en un contexto con **aún muchos vacíos de conocimiento** sobre el funcionamiento del ecosistema.

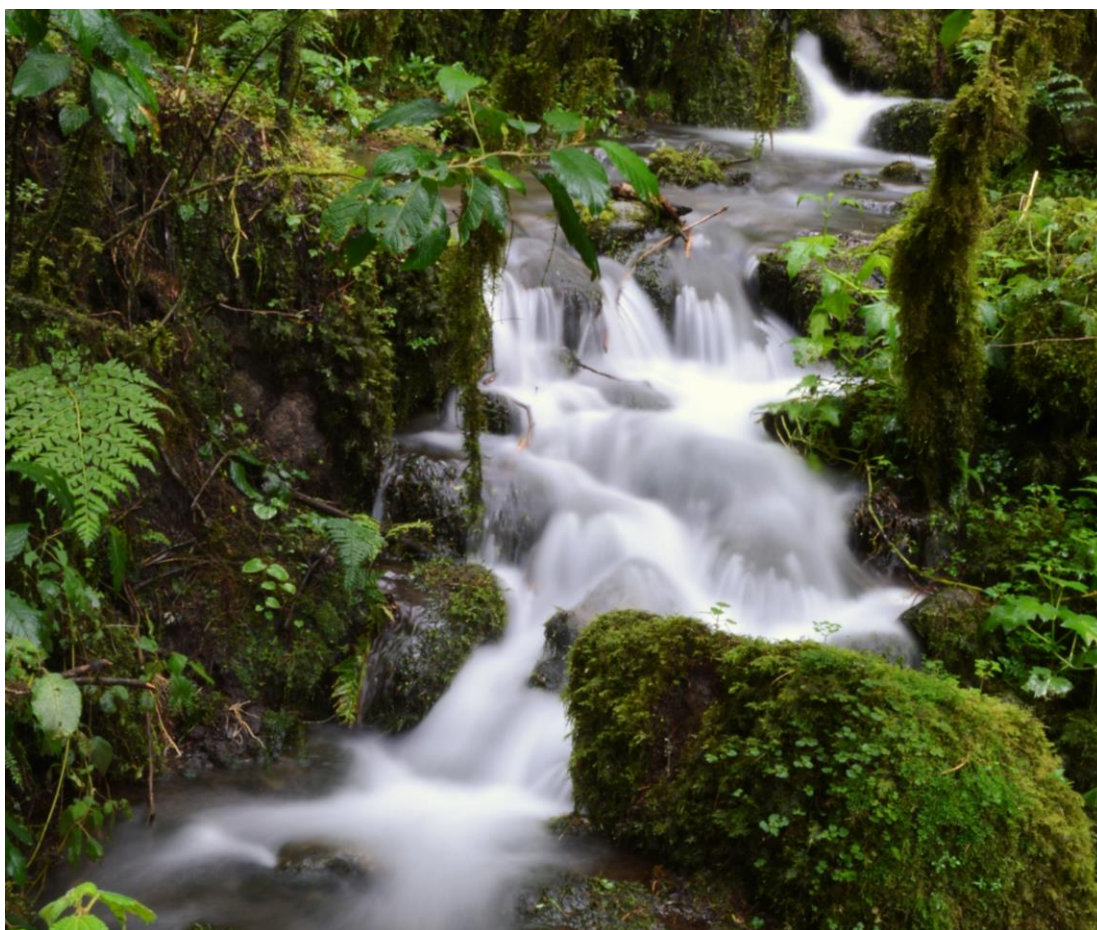


Foto: Jaime Valenzuela, SERNANP.

Frente a estos vacíos de conocimiento, el **Programa Bosques Andinos** busca promover una agenda regional de investigación aplicada sobre bosques de montaña en los Andes, y a nivel de actores locales, identificar y fortalecer buenas prácticas para mantener o incrementar el flujo de agua como una acción para la adaptación al cambio climático.

El **Programa Bosques Andinos** ([www.bosquesandinos.org](http://www.bosquesandinos.org)) es una iniciativa regional que contribuye a que la población andina que vive en y alrededor de los Bosques Andinos reduzca su vulnerabilidad al cambio climático y reciba beneficios sociales, económicos y ambientales de la conservación de Bosques Andinos. Para ello, genera y difunde información mediante la investigación aplicada en los bosques andinos, para detectar, validar y compartir las buenas prácticas existentes, que finalmente, serán elevadas a un ámbito político. Con el programa Bosques Andinos se busca incentivar el interés regional, nacional y local hacia la conservación de los bosques andinos y a su vez, promover sinergias en estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático.

## Referencias

- Buytaert Wouter, Francisco Cuesta-Camacho y Conrado Tobón (2011)  
Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* (2011) 20, 19–33.
- Cuesta, Francisco, Manuel Peralvo y Natalia Valarezo (2009)  
Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION. Quito. 74pp. <http://www.bivica.org/upload/bosques-montanos.pdf>
- Herzog, Sebastian K, Rodney Martínez, Peter M. Jørgensen y Holm Tiessen (2011)  
Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. Edited by: Sebastian K. Herzog, Rodney Martínez, Peter M. Jørgensen, Holm Tiessen. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 348 pp.
- Locatelli B., Brockhaus M., Buck A., Thompson I. (2010)  
Forests and Adaptation to Climate Change: Challenges and Opportunities. In: Forest and Society: Responding to Global Drivers of Change. Mery G., Katila P., Galloway G., Alfaro R.I., Kanninen M., Lobovikov M., Varjo J. (eds.). IUFRO World Series vol. 25, Vienna, pp. 21-42. <http://www.cifor.org/library/3168/forests-and-adaptation-to-climate-change-challenges-and-opportunities/>
- MINAM (2015)  
Lecciones de la tierra. Una travesía de aprendizaje poro comunidades rurales del Perú que se enfrentan con éxito al cambio climático. DGCCDRH-COSUDE-PACC Perú. Lima, Perú.
- Neukom, Raphael, Mario Rohrer, Pierluigi Calanca, Nadine Salzmann, Christian Huggel, Delia Acuña, Duncan Christie y Mariano S Morales (2015).  
Facing unprecedented drying of the Central Andes? Precipitation variability over the period AD 1000–2100. *Environ. Res. Lett.* 10 (2015).
- PlanCC (2014)  
Catálogo de opciones de mitigación. Lima, Perú. [www.plancc.org/resultados](http://www.plancc.org/resultados)
- Ponette-Gonzalez, Alexandra G., Kate A. Brauman, Erika Marin-Spiotta, Kathleen A. Farley, Kathleen C. Weathers, Kenneth R. Young, Lisa M. Curran (2014)  
Managing water services in tropical regions: From land cover proxies to hydrologic fluxes. *AMBIO*.
- Price, Martin F, Georg Gratzer, Lalisa Alemayehu Duguma, Thomas Kohler, Daniel Maselli, y Rosalaura Romeo (editors) (2011)  
Mountain Forests in a Changing World - Realizing Values, addressing challenges. Published by FAO/MPS and SDC, Rome.
- Programa Bosques Andinos (2014)  
Infografía no. 2. [http://www.bosquesandinos.org/IMG/pdf/infografia02\\_referencia\\_artefinal.pdf](http://www.bosquesandinos.org/IMG/pdf/infografia02_referencia_artefinal.pdf)
- SENAMHI (2012)  
Escenarios de cambio climático al 2030 y 2050 de las regiones Apurímac y Cusco. Serie de investigación regional # 2. Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC – Perú. <http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/41.pdf>
- Tobón, Conrado (2009)  
Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito, Ecuador. Accesible vía: <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/b6a77b5786ffc08556b4861b514e76d6.pdf>
- Wohl, Ellen, Ana Barros, Nathaniel Brunzell, Nick A. Chappell, Michael Coe, Thomas Giambelluca, Steven Goldsmith, Russell Harmon, Jan M. H. Hendrickx, James Juvik, Jeffrey McDonnell & Fred Ogden (2012)  
The hydrology of the humid tropics. *Nature Climate Change* 2, 655–662 (2012). Published online 15 July 2012. [http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n9/full/nclimate1556.html?WT.ec\\_id=NCLIMATE-E-201209](http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n9/full/nclimate1556.html?WT.ec_id=NCLIMATE-E-201209)