

# Importancia de los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático

**Carlos J. Pérez<sup>1</sup>; Bruno Locatelli<sup>2</sup>;  
Raffaele Vignola<sup>3</sup>; Pablo Imbach<sup>4</sup>**

Los bosques tropicales son importantes para el desarrollo sostenible por los bienes y servicios ecosistémicos que producen para la sociedad. A pesar de la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales al cambio climático, pocos planes de adaptación toman en cuenta los bosques, o los consideran de manera desconectada del resto de la sociedad. En vista de que sectores socioeconómicos importantes dependen de los servicios ecosistémicos de los bosques, ellos deben participar en la toma de decisiones sobre políticas y estrategias que inciden sobre la adaptación de los bosques.

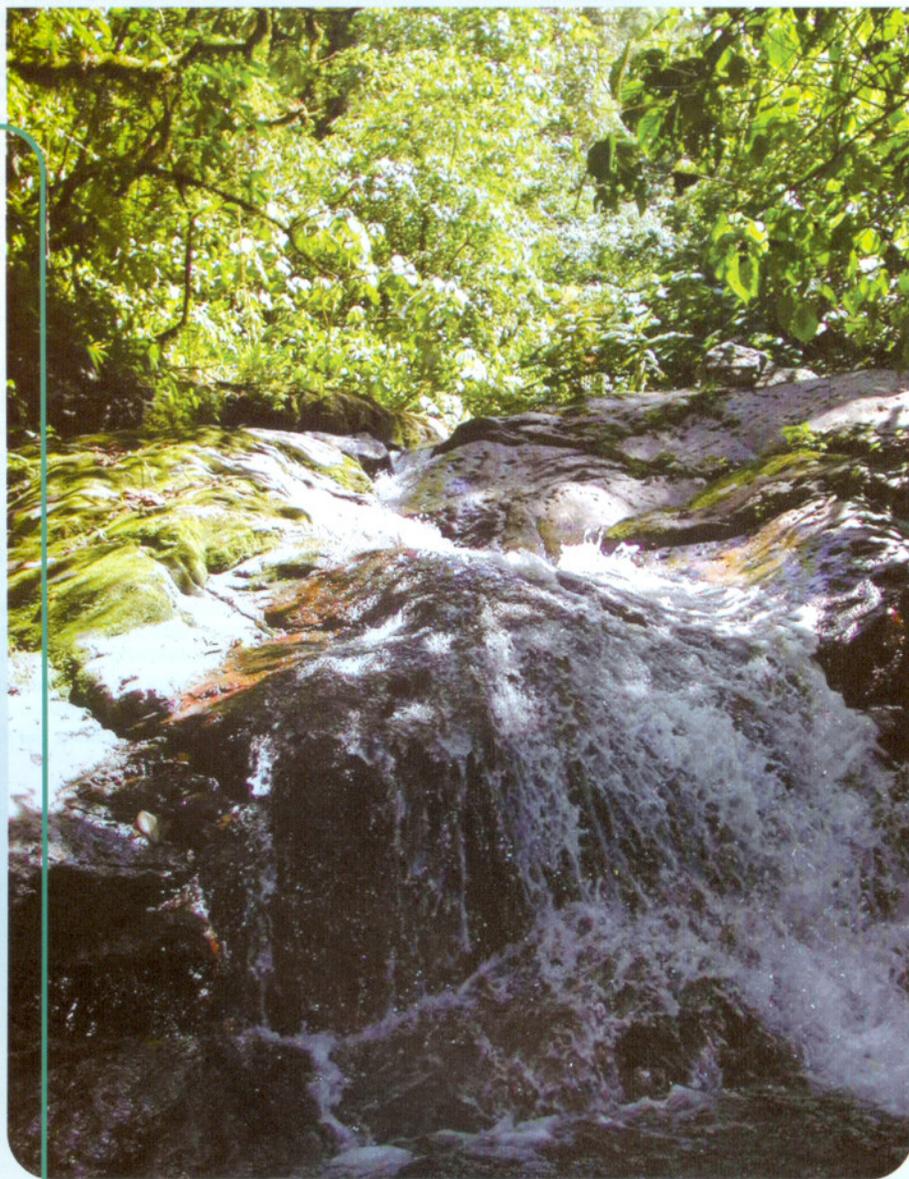


Foto: Red Iberoamericana de Bosques Modelo.

<sup>1</sup> Grupo Cambio Global, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica

<sup>2</sup> CIRAD UPR Forest Resources, Montpellier, France. bruno.locatelli@cirad.fr; Grupo Cambio Global, CATIE

<sup>3</sup> Grupo Cambio Global, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, CATIE. rvignola@catie.ac.cr

<sup>4</sup> Grupo Cambio Global, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, CATIE. pimbach@catie.ac.cr

## Introducción

Los bosques tropicales son cada vez más un recurso crítico para el desarrollo sostenible de los países tropicales por la creciente presión ejercida por la sociedad y la contribución de los servicios ecosistémicos del bosque a la sostenibilidad de varios sectores socioeconómicos. Aunque la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, a través del Protocolo de Kyoto, establece la importancia de los bosques para la mitigación del cambio climático por su rol como sumideros de carbono (Karousakis 2007), el calentamiento global constituye también una fuente más de presión sobre los bosques tropicales, lo cual podría contribuir a intensificar los conflictos entre sectores por el acceso a los bienes y servicios ecosistémicos del bosque.

Muchos estudios científicos han resaltado la vulnerabilidad de los bosques tropicales a los efectos adversos del cambio y de la variabilidad climática (IPCC 2002, CBD 2003). Hasta ahora, la relevancia de los bienes y servicios que los bosques proveen a la sociedad no ha sido expresamente incluida en una política orientada a la adaptación al cambio climático. Sin embargo, los impactos de tal cambio sobre los bosques aumentarán la vulnerabilidad de grandes segmentos de la sociedad que dependen de los servicios ecosistémicos para su bienestar. Por lo tanto, los bosques deberían tener un lugar en las políticas que buscan aumentar la resiliencia de los sectores socioeconómicos (su capacidad adaptativa) que dependen de los bosques tropicales. Para ello, se debe garantizar la participación de esos sectores en el manejo adaptativo de los bosques tropicales para asegurar su capacidad de seguir proveyendo bienes y servicios en un contexto de cambio climático. En este artículo se brindan algunas pautas para integrar los bosques tropicales a las estrategias

de adaptación al cambio climático, con énfasis en la región centroamericana. Primero, se aborda la vulnerabilidad propia de los ecosistemas forestales al cambio climático a través de conceptos y ejemplos de vulnerabilidad. Segundo, se muestra la importancia estratégica de los servicios ecosistémicos provistos por los bosques tropicales y su relación con el desarrollo socioeconómico, especialmente en el caso de los servicios hidrológicos. Tercero, se describe una estrategia para integrarlos en la agenda de adaptación al cambio climático, brindando algunos ejemplos de manejo adaptativo.

## Vulnerabilidad de los bosques al cambio climático

La vulnerabilidad se define como el grado de susceptibilidad y la incapacidad de un sistema para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. La vulnerabilidad de un sistema se deriva de su alta sensibilidad o de su baja capacidad de adaptación (IPCC 2001). 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. Hay mucha incertidumbre sobre la respuesta autónoma de un ecosistema, ya que esta depende de la interacción compleja entre sus elementos constituyentes. Por ello, muchos trabajos científicos se limitan a evaluar la sensibilidad del bosque. Se espera que el cambio climático afecte el funcionamiento, la estructura y la distribución de los ecosistemas, sus especies constituyentes y los recursos genéticos (Noss 2001, Robledo y Forner 2005). De hecho, ya se empiezan a observar cambios en las poblaciones, en sus rangos de distribución, y en la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas debidos a cambios en el clima (McCarty 2001).

Por un lado, los cambios de temperatura y precipitación (promedios anuales y distribución durante el año) y de frecuencia e intensidad de eventos extremos pueden influir directamente sobre el funcionamiento del ecosistema. Por ejemplo, modificaciones en el crecimiento de los árboles, la supervivencia de los organismos (especialmente los que se encuentran en los límites de los ecosistemas o de los nichos ecológicos), los periodos de floración y fructificación de las plantas y la destrucción de organismos por vientos, inundaciones o descargas eléctricas (rayos). Por otro lado, el cambio y la variabilidad climática pueden influir indirectamente sobre los bosques tropicales. Por ejemplo, una reducción en los niveles de precipitación puede incrementar la probabilidad de incendios forestales, sobre todo en los bosques tropicales secos. 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 (Nepstad et ál. 2004, Running 2006) 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).

Algunos componentes del ecosistema pueden ser sensibles al cambio climático de manera indirecta. Por ejemplo, los cambios en los periodos de fructificación de algunas plantas pueden traer consecuencias dramáticas para los animales que dependen de la disponibilidad estacional de frutos (un ejemplo es el de los monos en la península de Osa en Costa Rica), pero sin consecuencias para las mismas plantas (Bazzaz 1998).

Una tipología propuesta por Dudley (1998) considera cinco tipos de impactos posibles del cambio climático sobre los bosques tropicales.

1) Las perturbaciones por eventos extremos, como las tormentas, y por cambios graduales en los patrones de lluvias o temperaturas pueden tener impactos sobre el funcionamiento, la composición y la estructura del bosque (Condit 1998). 2) La simplificación del bosque resulta en una pérdida de la biodiversidad debido a la ventaja comparativa que adquieren las especies de crecimiento rápido, invasoras o de ciclo de vida corto, como las hierbas. 3) La migración de los bosques hacia los polos o hacia mayores alturas; sin embargo, los movimientos reales dependerán de la capacidad de dispersión de las especies y de las barreras a la migración (Pearson 2006). 4) Las perturbaciones pueden causar una reducción de la edad del bosque y el remplazo de bosques maduros por bosques jóvenes, lo que tendría implicaciones importantes sobre la biodiversidad, ya que muchas especies se encuentran solamente en los bosques adultos. 5) La desaparición de algunos bosques tropicales o especies podría ocurrir a causa del cambio climático. En el bosque nuboso tropical de altura en Monteverde (Costa Rica), la elevación de las nubes ya ha causado la desaparición de varias especies de ranas (Pounds et ál. 1999).

Para evaluar la vulnerabilidad de los bosques tropicales al cambio climático es necesario conocer los mecanismos de adaptación autónoma. Los componentes del ecosistema se pueden adaptar a ciertos cambios; por ejemplo, las plantas de un ecosistema pueden usar el agua de manera más eficiente en un contexto de sequía (Borchert 1998). Asimismo, la resiliencia del ecosistema, que le permite recuperarse después de una perturbación, resulta generalmente de la interacción entre distintos elementos del sistema (Benzing 1998). La diversidad de los bosques tropicales facilita su adaptación porque se considera que, generalmente, los ecosistemas más diversos son más

resilientes (Loreau et ál. 2003). Esta diversidad de especies puede aumentar la redundancia; es decir, el número de especies presentes en cada grupo funcional, tal como el grupo de polinizadores o el de dispersores de semillas. La identificación de las especies claves y los grupos funcionales puede ayudar a entender la vulnerabilidad del bosque al cambio climático (Noss 2001).

Los servicios ecosistémicos afectados que probablemente tendrán más impacto sobre la sociedad son los hidrológicos, por la importancia del agua para la sociedad y la biodiversidad. En muchos países, tales servicios son los que más vinculan a la sociedad con los bosques tropicales. Los compromisos de acción sobre el agua se fundamentan en la creciente presión sobre el recurso y los problemas enfrentados por distintos sectores de la sociedad por la escasez del recurso, exceso y calidad.

La capacidad de adaptación autónoma del bosque depende mucho de su estado y de las otras presiones no climáticas. Por ejemplo, la degradación o la fragmentación de un bosque por presiones humanas reducen su resiliencia al cambio climático, como en el caso de los bosques altamente fragmentados en zonas urbanas o agrícolas y los parches de bosques aislados. La fragmentación de los bosques amazónicos aumenta la entrada de los frentes secos dentro del bosque denso y, en consecuencia, la vulnerabilidad al fuego (Fearnside 1995).

### Consecuencias del cambio climático para los servicios ecosistémicos

Todos los impactos antes mencionados podrían modificar la provisión de servicios ecosistémicos por parte de los bosques. El Millenium Ecosystem Assessment (MEA 2005) subraya que los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas incluyendo la provisión de bienes (alimentos, leña, fibras, fármacoquímicos, recursos genéticos, otros productos no maderables), la regulación (del clima, de enfermedades, del ciclo hidrológico, de la erosión), los servicios culturales (espirituales, religiosos, recreativos, ecoturísticos, estéticos, educacionales, históricos) y los servicios de soporte (formación de suelo, ciclo de nutrientes, producción primaria). A cada servicio ecosistémico corresponde una serie de beneficios sociales que abarca distintos aspectos del bienestar humano (MEA 2005); por ejemplo, la seguridad (i.e. garantizarse el acceso a los recursos), las condiciones materiales para una vida digna (i.e. acceso a bienes, alimentos y subsistencia), la salud (i.e. estado físico, acceso al aire y al agua limpia) y las buenas relaciones sociales (cohesión social, capacidad de ayudar a los demás y respeto mutuo).

De los servicios ecosistémicos perturbados por el cambio climático, el más estudiado a escala global ha sido el secuestro de carbono (Bazzaz 1998), ya que los impactos del cambio climático sobre los bosques podrían causar mayores emisiones de carbono hacia la atmósfera, contribuyendo aún más al calentamiento global. Sin embargo, todos los servicios ecosistémicos pueden ser alterados por el cambio climático. Los servicios ecosistémicos vinculados a la biodiversidad (servicios estéticos, culturales, de provisión de bienes -como plantas farmacéuticas o recursos genéticos) serán directamente afectados por el cambio climático.

Los servicios ecosistémicos afectados que probablemente tendrán más impacto sobre la sociedad son los hidrológicos, por la importancia del agua para la sociedad y la biodiversidad. En muchos países, tales servicios son los que más vinculan a la sociedad con los bosques tropicales. Los compromisos de acción sobre el agua se fundamentan en la creciente presión sobre el recurso y los problemas enfrentados por distintos sectores de la sociedad por la escasez del recurso (sectores doméstico, agrícola, industrial y energía), exceso (toda la sociedad puede ser afectada en el caso de las inundaciones) y calidad (sector doméstico, agroindustrial y energía, entre otros).

En Centroamérica, mediante la Declaración de San José (Costa Rica), los países han subrayado la necesidad de avanzar en el desarrollo de políticas, normativas y cooperación en la evaluación y gestión de los recursos hídricos (Organización Mundial de Meteorología 1996). Asimismo, en el contexto internacional, las Metas de Desarrollo del Milenio (United Nations 2000) incentivan a tomar acción para alcanzar importantes objetivos de desarrollo, como la meta de reducir a la mitad la población sin acceso sostenible a agua potable segura y saneamiento básico en el 2015.

### **Servicios hidrológicos de los ecosistemas forestales y cambio climático**

Aunque se ha avanzado en el conocimiento científico sobre la función de la cobertura forestal en la regulación del ciclo hidrológico, todavía hacen falta más esfuerzos para resolver algunas dudas al respecto (Andreassian 2004, Kaimowitz 2004, Bruijnzeel 2004). La estructura, la ubicación y el área del ecosistema forestal en una cuenca influyen sobre la escorrentía, la evapotranspiración y la infiltración y, por ende, en el balance hídrico y la calidad del recurso (Bruijnzeel 2004). Aunque se pueden identificar

distintos resultados sobre el impacto hidrológico del bosque, la función de regulación de la cantidad y calidad del agua ha sido subrayada por distintas publicaciones científicas (MEA 2005). En un contexto de cambio y de más variabilidad climática se puede alterar la distribución e intensidad de los fenómenos naturales con consecuencias sobre la cantidad y la calidad del recurso hídrico (Okí y Kanae 2006). En este contexto, los servicios hidrológicos de los bosques tropicales pueden adquirir aún más importancia en el control de la vulnerabilidad de la sociedad.

Si embargo, los servicios ecosistémicos hidrológicos podrían ser afectados por los cambios en las funciones hidrológicas de los bosques, tales como la interceptación de lluvias o la infiltración. Por ejemplo, el incremento de los incendios asociados con el aumento de las condiciones secas (como se espera que ocurra en América Central) puede reducir la materia orgánica en el estrato superficial del suelo. Esto causaría menor infiltración y mayor escorrentía a nivel del bosque, y caudales mínimos más bajos o máximos más altos a nivel de la cuenca (Townsend y Douglas 2004). Si los bosques nublados migran hacia los picos de las montañas, las partes más bajas tendrán menor interceptación horizontal de la precipitación y menor recarga acuífera (Still et ál. 1999). Los cambios en los bosques tropicales impactarán también el servicio ecosistémico de regulación de la calidad del agua, especialmente en lo que concierne a la concentración de elementos químicos o biológicos y el transporte de partículas sólidas (erosión).

### **Los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático**

En muchos países en desarrollo, a pesar de lo ya expuesto, los bosques tropicales no son prioritarios en las agendas nacionales de desarrollo

y, por lo tanto, no reciben mucha atención en los planes de adaptación. En América Latina, incluyendo América Central, la mirada está puesta sobre los tratados de libre comercio, la generación de energía renovable para reducir la dependencia de combustibles fósiles y la reducción de la pobreza (Adger et ál. 2003). Preocuparse por los bosques tropicales para la adaptación al cambio climático requiere de una proyección a largo plazo, y esto es posible solamente si se logran reducir las amenazas a corto plazo.

En las comunicaciones nacionales de varios países centroamericanos a la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático (disponibles en <http://unfccc.int>), se trata el tema de la vulnerabilidad de los bosques tropicales, pero generalmente sin consecuencias sobre la implementación de políticas. Por ejemplo, la primera comunicación del Gobierno de Costa Rica (2005) menciona la importancia de identificar las áreas forestales con alto potencial hídrico para determinar cómo podrían verse afectadas por el cambio climático. En la primera comunicación de Nicaragua se reporta un enfoque bioclimático para modelar los efectos del cambio climático sobre los bosques tropicales (Mendoza et ál. 2001). Para identificar las zonas boscosas más vulnerables, se han usado mapas de distribución futura de las zonas de vida (utilizando la clasificación de Holdridge), comparándolas con la distribución actual. Varias comunicaciones nacionales señalan la importancia de afinar el desarrollo de modelos biogeográficos; para ello se han utilizado escenarios climáticos a escala regional o se ha considerado el efecto de ciertos parámetros climáticos, como la duración de la época seca. También recomiendan que se evalúe el impacto del cambio climático sobre las especies, afinando los rangos de distribución de las especies más importantes.

Sin embargo, en las comunicaciones nacionales no se aborda el tema del contexto político o de los mecanismos económicos que podrían ayudar a la adaptación. Tampoco se menciona la necesidad de vincular la adaptación de los bosques con los usuarios de los servicios ecosistémicos. Por lo tanto, se requiere de un enfoque innovador para incluir los bosques tropicales en la adaptación al cambio climático. Para lograr que los bosques y la adaptación al cambio climático sean un interés prioritario de la sociedad, uno de los retos será vincularlos con otros sectores socioeconómicos y demostrar el grado de interdependencia. Por ejemplo, la promoción de mayores fuentes de generación de energía hidroeléctrica depende de los servicios ecosistémicos de los ecosistemas forestales. Esto significa que, para aprovechar el potencial de los países centroamericanos (Naciones Unidas 2004), una política de generación hidroeléctrica debería incorporar el manejo adaptativo de los bosques tropicales prioritarios ubicados aguas arriba de las centrales hidroeléctricas.

Tal como se dijo anteriormente, una de las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio es reducir a la mitad la proporción de la población sin acceso a agua potable de calidad y a saneamiento básico (United Nations 2005). El agua para la población, en muchas comunidades rurales y urbanas, proviene de cuencas cubiertas por bosques tropicales; por lo tanto, es necesario incluir estos ecosistemas en las políticas nacionales y planes de adaptación del sector agua potable. Esta integración puede resultar más barata y más sostenible que algunas alternativas tecnológicas como el bombeo de agua subterránea (Brüschweiler et ál. 2004).

Fuera del tema forestal, la problemática del cambio climático y su traducción en políticas de adaptación han tenido el efecto interesante de reunir sectores socioeconómicos

diferentes frente a un mismo problema y de abordarlo con una visión de largo plazo. En este contexto se presenta una oportunidad para que la protección y el manejo adaptativo de los bosques salga de la arena de los expertos, propietarios, o administradores forestales para entrar en la arena social.

### Una propuesta de enfoque

El proyecto “Bosques Tropicales y Adaptación al Cambio Climático” (Trofcca) propone un enfoque para incluir los bosques tropicales en los planes de adaptación al cambio climático. El enfoque enfatiza, como punto de partida, las necesidades de la sociedad o los sectores socioeconómicos que dependen de los servicios ecosistémicos que proveen los bosques (Fig. 1). Luego, relaciona el impacto del cambio climático sobre las funciones ecosistémicas de estos bosques, y considera los mecanismos financieros que pueden hacer posible el manejo adaptativo de los ecosistemas de interés para la sociedad.

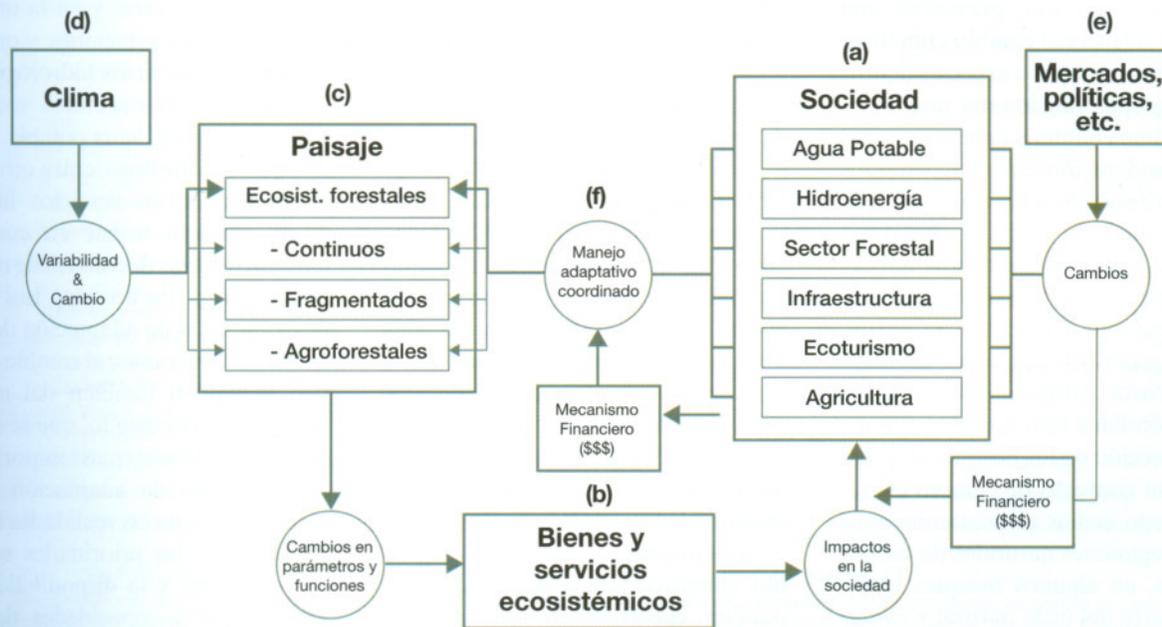
La implementación del esquema inicia con la identificación de los sectores socioeconómicos prioritarios para el desarrollo del país o para las políticas de adaptación que tengan una dependencia de los servicios ecosistémicos de los bosques (marco *a* en la Fig. 1). Se define un sector socioeconómico como un conjunto de individuos y organizaciones, públicos o privados, que comparten un mismo interés de desarrollo. Por ejemplo, el sector “agua potable” reúne a los usuarios del agua potable, las empresas que captan, tratan, transportan y venden agua potable así como las agencias públicas encargadas del recurso. En Centroamérica, el Proyecto Trofcca ha seleccionado, en concertación con actores nacionales, los sectores agua potable y energía hidroeléctrica por su importancia estratégica para el desarrollo de los países, su vulnerabilidad al cambio climático y dependencia de los servicios ecosistémicos de los bosques. Sin

embargo, hay otros sectores, como el ecoturístico, que también depende de los servicios ecosistémicos de los bosques y ameritaría una intervención similar.

A continuación se determinan los servicios ecosistémicos más importantes para los sectores socioeconómicos priorizados (marco *b* en la Fig. 1); por ejemplo, la conservación de caudal mínimo o la belleza escénica. Luego se define cuáles ecosistemas proveen servicios ecosistémicos a los sectores priorizados (marco *c*). Esta determinación considera la ubicación de los usuarios de los servicios ecosistémicos, su importancia (tamaño de la población, por ejemplo, en el caso del agua potable), el uso de los distintos servicios ecosistémicos y la magnitud de la provisión de servicios por distintos ecosistemas.

Con distintas herramientas, se analiza el impacto del cambio climático sobre los bosques priorizados. El trabajo puede considerar varios tipos de modelos, según los servicios ecosistémicos seleccionados. Por ejemplo, para el caso del ecoturismo, el modelo puede enfocarse en una especie endémica y simbólica. Para los servicios hidrológicos, se debe trabajar con modelos o tipologías de ecosistemas que permitan proyectar los impactos del cambio climático sobre las funciones relevantes (infiltración, escorrentía, evapotranspiración). Una vez desarrollados y validados los modelos, se utilizan escenarios climáticos para simular los impactos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos (marco *d*).

En las áreas donde las interacciones entre bosques y sectores socioeconómicos son más intensas o en donde los impactos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos son más fuertes, se puede empezar un trabajo de diseño de políticas con los actores locales o nacionales. Para ello, se deben presentar resultados que demuestran las consecuencias económicas de los cambios en la pro-



**Figura 1.** Interacción entre la sociedad, representada por distintos sectores socioeconómicos, y el ecosistema forestal a través de sus funciones y servicios

visión de servicios ecosistémicos causados por el cambio climático. Por ejemplo, se puede tratar de mostrar que el cambio climático (marco *d*) impactará los bosques (marco *c*), lo que causará aumentos en la erosión (marco *b*) en una cuenca donde un embalse es vulnerable a problemas de sedimentación. El sector hidroeléctrico enfrentará costos altos por limpieza del embalse o por reducción de la vida útil de la planta, o por la compra de energía para compensar la pérdida (marco *a*).

Mediante un proceso participativo, se define el interés de los sectores por reducir la vulnerabilidad de los bosques al cambio climático, dentro de un contexto de mercado y políticas que influyen tanto sobre la vulnerabilidad de los sectores como sobre las otras amenazas para el bosque (marco *e*). Actores privados (una empresa hidroeléctrica, por ejemplo) y públicos (el ministerio de energía) participan en el proceso que debe resultar en políticas nacionales o locales. En concertación con los actores del manejo de los bos-

ques, se deben definir medidas de manejo para la adaptación (marco *f*). Las estrategias y planes de adaptación de los bosques al cambio climático deben incluir los medios financieros y los mecanismos para financiar esos planes (IISD 2004). Entre ellos se encuentran los pagos por servicios ecosistémicos, mediante los cuales los usuarios retribuyen a los propietarios de los bosques que proveen estos servicios.

### Opciones de adaptación de los bosques

El manejo adaptativo de los bosques tiene como finalidad optimizar los bienes y servicios ecosistémicos que estos brindan a la sociedad. Esto equivale a implementar una serie de prácticas y medidas técnicas que permiten aumentar la adaptación planeada de los bosques. Aunque los bosques se pueden adaptar de manera autónoma a ciertos cambios, es importante ser proactivo en este proceso (Spittlehouse y Stewart 2003). Muchas de las medidas de adaptación se parecen a las medidas de

conservación de los bosques y buscan reducir las amenazas no climáticas que causan conversión, fragmentación o degradación (Biringer 2004). Se debe manejar el paisaje a una escala coherente con la problemática de los bosques y el cambio climático. Por ejemplo, se puede diseñar redes de áreas protegidas coherentes o considerar la adaptación de especies en el manejo del suelo fuera de las áreas protegidas. A nivel del paisaje, la adaptación tendrá como objetivo evitar la fragmentación, fomentar la conectividad de bosques tropicales y desarrollar zonas de amortiguamiento en las cuales se promueve una cierta flexibilidad en el uso del suelo para adaptarse a condiciones cambiantes (Spittlehouse 2005, Biringer 2003, Noss 2001).

La adaptación busca mantener una diversidad de bosques tropicales representativos en los gradientes ambientales, ya que la protección de diferentes tipos de bosques tropicales permite aumentar la probabilidad de que un tipo esté adaptado a las condiciones climáticas futuras. Se

deberá también proteger los bosques maduros, dado que presentan una cierta resiliencia al cambio climático, y las especies claves o especies dentro de los grupos funcionales importantes. Algunos hábitats deberán recibir una consideración especial, como los que han resistido a la migración latitudinal durante cambios climáticos pasados. Estos hábitats son importantes porque albergan especies de climas pasados. En América Central, los bosques ribereños, especialmente de la costa caribeña (Noss 2001), corresponden a este tipo de hábitats. La protección de los bosques tropicales en un contexto de cambio climático puede incluir el mantenimiento de los regímenes naturales de fuegos que son, en algunos bosques tropicales, parte del ciclo natural y evitan daños mayores por la acumulación de biomasa.

Otras medidas de adaptación incluyen el manejo proactivo de las plagas, mediante quemadas dirigidas o el uso de plaguicidas, o la implementación de técnicas silviculturales para sostener la productividad forestal mediante técnicas que mantienen una diversidad de especies y de edades. Se puede también mantener la diversidad genética y promover la salud del ecosistema mediante la restauración usando semillas de plantas de altitudes o latitudes más bajas o de especies más resistentes. La adaptación de los bosques puede también considerar la migración asistida mediante la introducción de especies en nuevas áreas y la protección de especies altamente amenazadas *ex-situ* en colecciones, jardines botánicos o zoológicos para evitar su extinción (Noss 2001).

Las políticas de manejo y conservación de los recursos naturales deberían contribuir al manejo adaptativo de los bosques tropicales y fomentar la participación de los usuarios de los servicios ecosistémicos en la conservación y el manejo del bosque. Las opciones de políticas deben considerar la interacción

a nivel nacional y local, ya que este último es el nivel óptimo para la adaptación al cambio climático (Naess et ál. 2005). Entre estas políticas, se pueden citar los mecanismos de pagos por servicios ecosistémicos a escala nacional (Chomitz et ál. 1999, Gobierno de Costa Rica 2005) y municipal o local (PASOLAC 2006). El fortalecimiento de capacidades humanas e institucionales, las relaciones interinstitucionales basadas en el aprendizaje continuo, la creación y mantenimiento de programas para brindar información al público aumentarán la efectividad de los esfuerzos de adaptación al cambio climático (IUCN 2003).

Los impactos esperados del cambio climático sobre los bosques se pueden clasificar en dos grandes categorías: discretos -los asociados a perturbaciones extremas como sequías, incendios, plagas, etc. - y graduales, con cambios a más largo plazo. Aunque ambos están relacionados desde el punto de vista biofísico, es importante distinguirlos porque el tipo de respuestas que la sociedad podría dar en planes de adaptación consideraría los plazos temporales para observar los efectos de las respuestas por parte de los tomadores de decisiones.

### Conclusión

Al igual que otros sistemas, los ecosistemas forestales, particularmente los bosques tropicales, son vulnerables al cambio climático. Esto significa que los bienes y servicios que producen estos ecosistemas, y que son importantes para la sociedad, también pueden ser afectados. La implicación es que la adaptación de la sociedad, de un segmento de esta, o de un sector socioeconómico que depende de los bienes y servicios ecosistémicos de los bosques, debe de considerar la vulnerabilidad intrínseca de los bosques al cambio y variabilidad climática.

En América Central, las proyecciones de cambio y variabilidad

climática indican que habrá variación en las temperaturas y en la distribución de las precipitaciones, y que esto afectará los servicios hidrológicos de los bosques. Los sectores socioeconómicos como el agua potable, hidroeléctrico, ecoturismo, entre otros, que dependen de los servicios hidrológicos, deberán tomar en cuenta y participar en las decisiones de manejo adaptativo de los bosques. Las opciones y medidas de adaptación de estos sectores vulnerables al cambio climático dependen también del manejo adaptativo o planeado, que se realice sobre los ecosistemas importantes. Las opciones de adaptación deben tomar en cuenta las realidades locales en cuanto a las prioridades sociales y económicas y la disponibilidad de información y capacidades de análisis. Lo más importante es que la sociedad y los sectores socioeconómicos integren en sus políticas y estrategias, la adaptación al cambio climático y el rol que juegan los ecosistemas forestales. En algunos casos, se debe operar con un alto margen de incertidumbre sobre la respuesta del sistema a las opciones adoptadas. Sobre todo en esos casos, es necesario vincular a todos los sectores afectados y basarse en el concepto de diseminación de información, estudios y análisis para crear consenso y co-responsabilidad en la ejecución de las estrategias de adaptación.

### Agradecimientos

Este documento ha sido elaborado en el marco del Proyecto Bosques Tropicales y Adaptación al Cambio Climático -Trofcca-, ejecutado por CATIE en América Central, a través del convenio suscrito entre CATIE y CIFOR en Septiembre del 2005. Trofcca recibe el apoyo financiero de la Comisión Europea mediante contrato No. EuropeAid/ENV/2004-81719. Las ideas y opiniones expresadas en este documento no reflejan la posición de la Unión Europea, estas son responsabilidad de los autores.

## Literatura citada

- Adger WN; Huq, S; Brown, K; Conway, D; Hulme, M. 2003. Adaptation to climate change in the developing world. *Prog. Dev. Studies* 3(3):179-195.
- Andreassian, V. 2004. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology* 291 (2004):1-27.
- Bazzaz, F. 1998. Tropical Forests in a Future Climate: Changes in Biological Diversity and Impact on the Global Carbon Cycle. *Climatic Change* 39(2-3):317-336.
- Benzing, DH. 1998. Vulnerabilities of tropical forests to climate change: the significance of resident epiphytes. *Climatic Change* 39:519-540.
- Biringer, JL. 2003. Forest ecosystems threatened by climate change: promoting long-term forest resilience. In Hansen, LJ; Biringer, JL; Hoffman, JR. (eds). *Buying time – a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. WWF, Gland, Switzerland. p. 43-72.
- Borchert R. 1998. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its longterm changes. *Climatic Change* 39:381-393.
- Bruijnzeel, LA. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees?. *Agriculture, Ecosystems and the Environment*. No.104.185-228.
- Brüschweiler, S; Höggel, U; Kläy, A. 2004. Los bosques y el agua: interrelaciones y su manejo. *Informes de Desarrollo y Medio Ambiente* No. 19. Centre for Development and Environmet, Universidad de Berna, Suiza. 48 p.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2003. Interlinkages between biological diversity and climate change: advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations framework convention on climate change and its Kyoto Protocol. Montreal, CA. (Technical Series no. 10).
- Chomitz, KM; Brenes, E; Constantino, L. 1999. Financing environmental services: the Costa Rican experience and its implications. *The Science of the Total Environment* 240:157-169.
- Condit R. 1998. Ecological implications of changes in drought patterns: shifts in forest composition in Panama. *Climatic Change* 39:413-427.
- Dudley, N. 1998. Forests and climate change. A report for WWF Internacional, Forest Innovations, IUCN, GTZ, WWF. Gland, Switzerland. 19 p.
- Fearnside, PM. 1995. Potential impacts of climatic change on natural forests and forestry in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 78 (199.5):51-70.
- Gobierno de Costa Rica. 2005. El Canon de Agua en Costa Rica. Decreto Ejecutivo No. DAJ-072-2005. San José, CR.
- IISD. 2004. Livelihoods and Climate Change: combining disaster risk reduction, natural resource management and climate change adaptation in a new approach to the reduction of vulnerability and poverty. International Institute for Sustainable Development –IISD-.Winnipeg, Manitoba, Canada. 24 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment. In *Climate Change 2001. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- \_\_\_\_\_. 2002. *Climate Change and Biodiversity*. IPCC, Cambridge University Press, UK. Technical Paper V.
- IUCN (World Conservation Union). 2003. *Climate Change and Nature – adapting for the future*. Gland, Switzerland. 6 p.
- Kaimowitz, D. 2004. Useful Myths and Intractable Truths: The Politics of the Link Between Forests and Water in Central America. In Bonell, M; Bruijnzeel, LA. (eds.). 2004. *Forests, Water and People in the Humid Tropics: Past, Present and Future Hydrological Research for Integrated Land and Water Management*. Cambridge University Press, UK. p. 86-98.
- Karousakis, K. 2007. Incentives to reduce GHG emissions from deforestation: lessons learned from Costa Rica and Mexico. *Organization for Economic Co-operation and Development –OECD/IEA-*, Paris, FR. 51 p.
- Kirilenko, A; Belotelov, N; Bogatyrev, B. 2000. Global model of vegetation migration: incorporation of climatic variability. *Ecological Modelling* 132:125-133.
- Loreau, M; Mouquet, N; González, A. 2003. Biodiversity as spatial insurance in heterogeneous landscapes. *PNAS* 100: 12765-12770.
- McCarty, JP. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15(2):320-331.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis report*. Island Press, Washington D.C., USA.
- Mendoza, F; Chévez, M; González, B. 2001. Sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge en Nicaragua en función del cambio climático. *Revista Forestal Centroamericana* 33:17-22.
- Naciones Unidas. 2004. *Estrategia para el Fomento de las Fuentes Renovables de Energía en América Central*. s.l., CEPAL. 107 p.
- Naess, LO; Bang, G; Eriksen, S; Vevatne, J. 2005. Institutional adaptation to climate change: flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environ. Change* 15:125-138.
- Nepstad, D; Lefebvre, O; Lopes da Silva, U; Tomasella, J; Schlesinger, P; Solorzano, L; Moutinho, P; Ray, D; Guerreira Benito, J. 2004. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology* 10:704-717.
- Noss R. 2001. Beyond Kyoto: Forest Management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3):578-590.
- Oki, T; Kanae, S. 2006. Global hydrological cycles and World Water Resources. *Science* 313:1068-1072.
- Organización Mundial de la Meteorología. 1996. San José Declaration: Latin American Action Plan on Assessment and Management of Water Resources. Adoptada a la Conferencia sobre Evaluación y Manejo de los Recursos Hídricos en América Latina y El Caribe. San José, Costa Rica, OMM/BID.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). 2006. *Evolución de las Experiencias de Servicios Ecosistémicos Hídricos*. PASOLAC. 46 p. (Documento No.495; Serie Técnica 1/2006).
- Pearson RG. 2006. Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* 21(3):111-113.
- Pounds, JA; Fogden, MPL; Campbell, JH. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.
- Robledo, C; Forner, C. 2005. Adaptation of forest ecosystems and the forest sector to climate change. FAO, Roma. 96 p. (Forests and climate change Working Paper no. 2).
- Running, SW. 2006. Is Global Warming Causing More, Larger Wildfires? *Science* 313:927 – 928.
- Spittlehouse, DL. 2005. Integrating climate change adaptation into forest management. *Forestry Chronicle* 81:691-695.
- \_\_\_\_\_; Stewart, RB. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management* 4 (1):1-11.
- Still, CJ; Foster, PN; Schneider, SH. 1999. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. *Nature* 398:608-610.
- Townsend, SA; Douglas, MM. 2004. The effect of a wildfire on stream water quality and catchment water yield in a tropical savanna excluded from fire for 10 years (Kakadu National Park, North Australia). *Water Research* 38:3051-3058.
- United Nations. 2000. Millennium Development Goals, UN Assembly 18/9/2000, 55th Session. New York, US.
- \_\_\_\_\_. 2005. *The Millennium Development Goals Report*. United Nations, New York.