

# Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático

## *Ecosystem services and adaptation to climate change*

Bruno Locatelli<sup>1</sup>, Markku Kanninen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIRAD UPR Forest Policies - CIFOR ENV Program P.O. Box 0113 BOCBD 16000 Bogor, Indonesia.  
E-mail: bruno.locatelli@cirad.fr

<sup>2</sup>CIFOR ENV Program P.O. Box 0113 BOCBD 16000 Bogor, Indonesia.

### Resumen

Aun con el interés creciente sobre la adaptación al cambio climático, no se han reconocido hasta ahora los vínculos entre adaptación y ecosistemas en las políticas internacionales o nacionales. En este artículo, argumentamos que los vínculos son de dos tipos. Primero, la adaptación es necesaria para los ecosistemas vulnerables al cambio climático. Segundo, los ecosistemas contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad y deberían ser integrados en las políticas de adaptación de varios sectores. Estos vínculos entre adaptación y ecosistemas representan desafíos y oportunidades para los actores locales, los tomadores de decisión y los científicos.

Muchos ecosistemas van a ser afectados por el cambio climático y las perturbaciones asociadas. Existen observaciones de impactos actuales del cambio climático sobre ecosistemas y muchos estudios muestran lo que podrían ser los impactos futuros. Ya se han propuesto medidas de adaptación para los ecosistemas, como medidas que amortiguan las perturbaciones y otras que facilitan la evolución o la transición del ecosistema. La vulnerabilidad de los ecosistemas trae nuevos desafíos para las poblaciones locales, los científicos y los tomadores de decisión en los sectores públicos, privados o asociativos implicados en el manejo de los ecosistemas. Estos desafíos se refieren a entender la vulnerabilidad de los ecosistemas y sus consecuencias para los actores implicados, definir medidas de adaptación para los ecosistemas, seleccionar y aplicar medidas en un contexto de incertidumbre y diseñar políticas que faciliten los procesos de adaptación de los ecosistemas.

Los ecosistemas proveen servicios que contribuyen a reducir la vulnerabilidad de poblaciones y sectores económicos, aun aquellos distantes de los ecosistemas. Los planes de adaptación de estas comunidades o sectores deberían integrar la conservación y manejo sostenible de ecosistemas como una medida de adaptación. Hasta ahora, las políticas de adaptación han tenido generalmente un enfoque sectorial, sin considerar el rol de los ecosistemas en la adaptación de otros sectores. Integrar los ecosistemas en los planes o las políticas de adaptación de la sociedad trae desafíos, por ejemplo, entender y evaluar el rol de los servicios ecosistémicos para la adaptación y crear vínculos institucionales entre los que manejan los ecosistemas y los que se benefician de los servicios. Sin embargo, esta integración representa una oportunidad para la conservación y un manejo más sostenible de los ecosistemas. Esta integración y el interés creciente en la adaptación al cambio climático contribuirán a un mejor reconocimiento del valor de los ecosistemas para el desarrollo sostenible y al planteamiento de políticas de adaptación más sostenibles.

Palabras clave: adaptación, cambio climático, servicios ecosistémicos

### Abstract

Even with the growing interest on adaptation to climate change, the links between adaptation and ecosystems have not yet been recognized in international and national policies. In this paper, we argue the links are twofold. First, adaptation is needed for ecosystems vulnerable to climate change. Second, ecosystems contribute to reducing the vulnerability of society and should be integrated into the adaptation policies of various sectors. These links between adaptation and ecosystems represent challenges and opportunities for local stakeholders, decision makers and scientists.

Many ecosystems will be affected by climate change and the associated perturbations. There are many observations of current impacts of climate change on ecosystems and many studies on future potential impacts. Adaptation measures have already been proposed for ecosystems, such as measures buffering perturbations or measures facilitating ecosystem evolu-

tion or transition. Ecosystem vulnerability brings new challenges to local populations, scientists and decision makers in the public, private or associative sectors involved in ecosystem management. These challenges are related to understanding ecosystem vulnerability and its consequences for stakeholders, defining adaptation measures for ecosystems, selecting and applying measures in a context of uncertainties, and designing policies that facilitate the processes of ecosystem adaptation.

Ecosystems provide services that contribute to reducing the vulnerability of populations and economic sectors, even those located far away from the ecosystems. Adaptation plans for these communities or sectors should integrate ecosystem conservation or sustainable management as an adaptation measure. So far, adaptation policies have generally followed a sectoral approach, without considering the role of ecosystems in the adaptation of other sectors. Integrating ecosystems in societal adaptation plans or policies brings challenges, such as understanding and assessing the role of ecosystem services for adaptation and creating institutional linkages between those managing the ecosystems and those benefiting from the services. However, this integration represents an opportunity for ecosystem conservation and sustainable management. This integration and the growing interest in adaptation to climate change will contribute to a better recognition of ecosystem value for sustainable development and to more sustainable adaptation policies.

Keywords: adaptation, climate change, ecosystem services

---

## 1. Introducción

Desde la publicación de su primer informe de evaluación en el año 1990, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha presentado evidencias incontrovertibles de los cambios observados y previstos del clima y sus impactos sobre sociedades y ecosistemas (IPCC 2007). Como respuesta a este problema, se proponen dos grandes tipos de medidas: la mitigación (reducir la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera) y la adaptación (reducir la vulnerabilidad de las sociedades y los ecosistemas que enfrentan el cambio climático). Hasta ahora, los acuerdos internacionales, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) han puesto énfasis en la mitigación. Sin embargo, con las evidencias de que unos grados de calentamiento global son inevitables, se está poniendo cada vez más atención a la adaptación a nivel internacional, nacional y local.

Para la mitigación, los ecosistemas tienen un papel reconocido por los acuerdos internacionales actuales o en discusión. Por ejemplo, los proyectos de forestación y reforestación pueden entrar en el Mecanismo de Desarrollo Limpio y vender créditos de carbono por su contribución a la mitigación del cambio climático mediante secuestro de carbono. Otro ejemplo se refiere a las discusiones actuales (2009) sobre la inclusión de la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) en un acuerdo internacional.

Aun con el interés creciente sobre la adaptación al cambio climático, no se han reconocido hasta ahora los vínculos entre adaptación y ecosistemas en las políticas internacionales o nacionales. En ese capítulo se presentan los dos grandes tipos de vínculos. Primero, la adaptación es necesaria para los ecosistemas vulnerables al cambio climático porque se necesita implementar medidas para reducir los impactos (Sección 2). Segundo, los ecosistemas contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad y deberían ser integrados en las políticas de adaptación de varios sectores (Sección 3). Estos vínculos entre adaptación y ecosistemas representan desafíos para los actores locales, los tomadores de decisión y los científicos, así como oportunidades que se presentan a continuación.

## 2. Adaptación para los ecosistemas

Muchos ecosistemas van a ser afectados por el cambio climático y las perturbaciones asociadas (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios y insectos: ver Dale et al. 2001) y otros factores de cambios (por ejemplo,

cambios de uso del suelo, contaminación del agua o el aire y sobreaprovechamiento). En esta sección, se presentan evidencias de la vulnerabilidad de los ecosistemas con énfasis en zonas tropicales y subtropicales, así como opciones de adaptación y desafíos asociados.

## 2.1 Vulnerabilidad de los ecosistemas

El concepto de vulnerabilidad es esencial para entender la adaptación. Según el IPCC (McCarthy et al. 2001), la vulnerabilidad es “el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima”. Según esa definición que se puede aplicar a un sistema ecológico o socioeconómico, la vulnerabilidad tiene tres componentes: la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación.

Algunos ejemplos de factores de exposición son los cambios en el clima y la variabilidad climática (aumentos de temperatura, cambios en precipitación, cambios en los patrones de las temporadas, tormentas y huracanes), el aumento en los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, el aumento del nivel del mar y otros factores no relacionados con el cambio climático (cambio de uso del suelo, fragmentación del paisaje, aprovechamiento de recursos naturales, contaminación).

La sensibilidad es el grado en el cual está afectado un sistema (de manera perjudicial o beneficiosa) debido a estímulos externos al sistema y sin que haya adaptación autónoma de este. Por ejemplo, la sensibilidad puede inducir cambios en los procesos a nivel de árboles (productividad y crecimiento), en la distribución de especies, en las condiciones de sitio (suelos), en la estructura del ecosistema (densidad y altura) y en los regímenes de perturbaciones (incendios y plagas).

La vulnerabilidad de un ecosistema depende también de su capacidad adaptativa. Las especies que componen un ecosistema pueden adaptarse a los cambios mediante plasticidad fenotípica (aclimatación), evolución adaptativa o migración a sitios más adecuados (Markham 1996; Bawa y Dayanandan 1998). La capacidad adaptativa de los ecosistemas depende de la capacidad adaptativa de las especies, la diversidad de grupos funcionales y la diversidad de especies dentro de los grupos funcionales, por la redundancia que provee la diversidad (Walker 1992 y 1995; Peterson et al. 1998). Aun si se desconoce la capacidad adaptativa de muchos ecosistemas, se anticipa que esa capacidad podría ser insuficiente para enfrentar los cambios climáticos previstos (Gitay et al. 2002; Julius et al. 2008; Seppala et al. 2009). Por ejemplo, los cambios climáticos podrían requerir capacidad de migración mucho mayor que la observada después del último periodo glacial (Malcolm et al. 2002; Pearson 2006).

Actualmente se han observado impactos del cambio climático y la variabilidad climática sobre ecosistemas, por ejemplo, en los bosques tropicales. Cambios en estructura, funcionamiento y ciclo del carbono han sido reportados (Root et al. 2003; Fearnside 2004; Malhi y Phillips 2004). Otros cambios observados y vinculados al cambio climático se refieren a pérdidas de especies, como el sapo dorado (*Bufo periglenes*) en bosques nubosos de Costa Rica (Pounds et al. 1999 y 2006).

Se anticipa que el cambio climático podría causar cambios significativos en la distribución de los bosques tropicales húmedos y los patrones de perturbaciones. Por ejemplo, las posibles sequías inducidas por el cambio climático en la Amazonía es tema de preocupación creciente, ya que podría causar un aumento de los incendios, la degradación del bosque húmedo y su sustitución por sabanas (Cox et al. 2004; Scholze et al. 2006; Nepstad et al. 2008).

Los bosques tropicales nubosos son particularmente vulnerables desde un punto de vista del cambio climático, debido a que los cambios en la temperatura o las precipitaciones, aun a pequeña escala, pueden impactar fuertemente estos bosques ubicados en zonas con condiciones especiales y gradientes fuertes de clima (Foster 2002). El calentamiento global puede aumentar la altura de las nubes que proveen humedad a los bosques nubosos (Pounds et al. 1999). A menudo, las especies de esos bosques tienen que migrar a mayores elevaciones, con un espacio disponible cada vez más reducido (Hansen et al. 2003). Por esta razón, se justifica observar los cambios en los bosques nubosos y en general en gradientes de elevación, como medida de monitoreo de los impactos del cambio climático (Loope y Giambelluca 1998).

Los bosques tropicales secos son muy sensibles a cambios en las precipitaciones que pueden afectar la productividad y la supervivencia de las especies (Hulme 2005). El cambio climático causará mayor desplazamiento de las zonas de vidas de los bosques secos, por ejemplo, en Tanzania y Costa Rica (Mwakifwamba y Mwakasonda 2001; Enquist 2002). La reducción de las precipitaciones y la prolongación de las temporadas secas pueden aumentar los riesgos de incendios. Sin embargo, incendios más frecuentes pueden reducir la cantidad de material combustible y por lo tanto el riesgo de incendio a largo plazo (Goldammer y Price 1998; Hansen et al. 2003).

Los manglares tropicales son también amenazados por el cambio climático. La amenaza principal viene del aumento del nivel del mar y los cambios asociados en las dinámicas de sedimentación y erosión (Hansen et al. 2003). Cambios en temperatura o eventos extremos como las tormentas pueden también afectar los manglares.

En las zonas subtropicales, los bosques ya enfrentan temperaturas altas y sequías prolongadas que causan incendios. Los escenarios climáticos muestran una tendencia hacia menos precipitación y más evapotranspiración, lo que induciría una reducción en la productividad y un aumento de incendios, por lo menos a corto plazo, antes de que los cambios en los ecosistemas reduzcan la cantidad de combustible (Fischlin et al. 2009).

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas van a tener consecuencias sobre la biodiversidad; por ejemplo, en los bosques subtropicales, el 40% de las especies podrían desaparecer (Fischlin et al. 2009). Los cambios tendrán consecuencias además sobre el secuestro de carbono en los ecosistemas. Muchos estudios de modelación del carbono de la biósfera muestran que la capacidad de los ecosistemas de secuestrar carbono podría degradarse severamente bajo escenarios de cambio climático (Cramer et al. 2004). Esa perspectiva es tema de mucha preocupación, debido a que la degradación de ecosistemas y la emisión de carbono a la atmósfera refuerzan el cambio climático.

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas también van a afectar a las personas que viven en los bosques así como a los sectores forestales. La producción de madera cambiará de manera diferente según las regiones, dependiendo de las condiciones climáticas (Osman-Elasha y Parrotta 2009). Una gran parte de la población rural, particularmente en países en desarrollo, depende de los productos ecosistémicos, maderables o no, para sus modos de vida, la seguridad alimenticia y la salud, por ejemplo, mediante la cosecha de plantas medicinales (Vedeld et al. 2004; Colfer 2008).

## **2.2 Adaptación y desafíos**

La vulnerabilidad de los ecosistemas trae nuevos desafíos para las poblaciones locales, los científicos y los tomadores de decisión en los sectores públicos, privados o asociativos implicados en el manejo de los ecosistemas.

La necesidad de entender la vulnerabilidad de los ecosistemas y sus consecuencias para las poblaciones locales y los sectores implicados en el manejo de los ecosistemas es un desafío. Este se presenta ante los científicos y los actores. Evaluaciones de vulnerabilidad que implican solamente a científicos no suelen facilitar procesos de adaptación (Füssel 2007), mientras que los actores implicados en las evaluaciones tienden a enfocarse más en la adaptación. La solución a este desafío requiere integrar factores climáticos y socioeconómicos en el análisis de vulnerabilidad y entender la vulnerabilidad actual de los actores (Burton et al. 2002; Ribot 2009), para luego diseñar medidas de adaptación adecuadas al contexto local, especialmente al contexto institucional (Agrawal 2008; Boyd 2008).

Otro desafío es la definición de medidas de adaptación para los ecosistemas. Ya se han propuesto medidas, particularmente para las zonas templadas y boreales; sin embargo, algunas se pueden aplicar en zonas tropicales y subtropicales (e.g. Noss 2001; Spittlehouse y Stewart 2003; Hansen et al. 2003; Millar et al. 2007; Fischlin et al. 2007; Guariguata et al. 2008; Ogden y Innes 2007 y 2008). Se pueden distinguir dos grandes tipos de medidas, tal como lo proponen Smithers y Smith (1997) para la adaptación en general (Figura 1). El primer tipo incluye las medidas que buscan amortiguar las perturbaciones, aumentando la resistencia y la resiliencia del ecosistema frente a los cambios (por ejemplo, prevenir los fuegos, manejar las especies invasivas y las plagas, manejar y restaurar el ecosistema después de una perturbación). El segundo tipo incluye medidas que buscan facilitar la evolución o la transición del ecosistema hacia un nuevo estado adaptado a las nuevas condiciones (por ejemplo, aumentar la conectividad del paisaje, conservar ecosistemas en un gradiente de condiciones ambientales, conservar la diversidad genética en ecosistemas naturales, modificar el manejo de ecosistemas plantados o aprovechados).

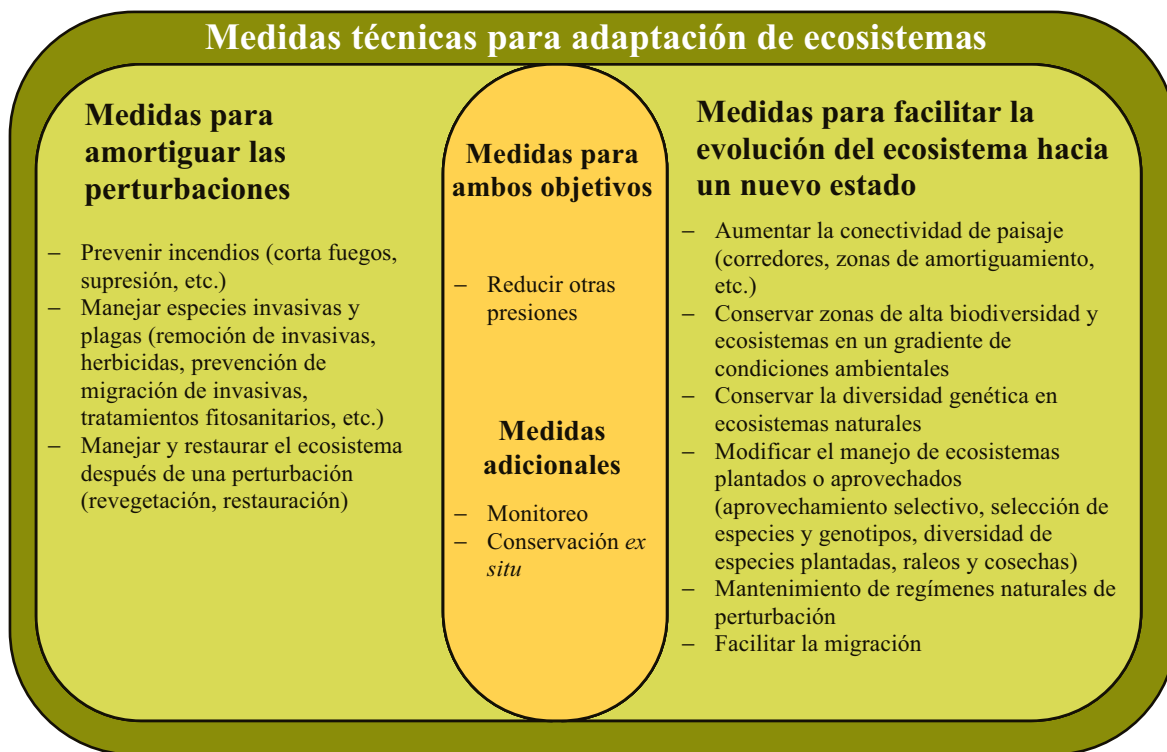


Figura 1. Ejemplos de medidas técnicas de adaptación de ecosistemas (adaptado de Locatelli et al. 2008).

Las medidas que buscan amortiguar las perturbaciones no son una panacea, porque pueden ser efectivas sólo a corto o mediano plazo y fallar cuando las condiciones ambientales difieran mucho de las condiciones iniciales. Estas medidas deberían ser usadas para ecosistemas valiosos para la sociedad, debido a sus costos (Millar et al. 2007). Al contrario, las medidas que buscan facilitar la evolución o la transición del ecosistema no intentan resistir al cambio y tienen una perspectiva más a largo plazo. En todos los casos, la capacidad adaptativa del ecosistema es un parámetro clave, no necesariamente para conservar el ecosistema en su estado inicial, sino para facilitar su evolución hacia un estado aceptable para los actores o la sociedad.

Un desafío en la selección y la aplicación de medidas de adaptación viene de las respuestas de los ecosistemas y las incertidumbres sobre el clima futuro (Mitchell y Hulme 1999). La selección de unas pocas medidas puede ser relevante para sistemas menos complejos (por ejemplo, una plantación monoespecífica) expuestos a tendencias climáticas claras. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, se requerirán enfoques flexibles y diversificados que combinen medidas seleccionadas en una “caja de herramientas” para la adaptación (Millar et al. 2007). La adaptación debe implementarse en el marco del manejo adaptativo colaborativo con participación de los actores y mecanismos de monitoreo, evaluación de resultados, producción de conocimiento y revisión de las acciones (CIFOR 2008; Innes et al. 2009).

Otros desafíos se refieren a las políticas que pueden facilitar procesos de adaptación de los ecosistemas. En muchos países, el primer paso para facilitar la adaptación es la definición de nuevas políticas o la ejecución de políticas existentes para la conservación o el manejo sostenible de ecosistemas. En lugares donde las amenazas no climáticas, como la deforestación, son las principales razones de degradación ambiental, hablar de adaptación de los ecosistemas es irrelevante y puede parecerse a un ejercicio puramente académico. El manejo sostenible de los bosques, por ejemplo, es un paso importante para reducir la vulnerabilidad forestal. En las comunicaciones nacionales y los programas de acción para la adaptación de los países tropicales a la UNFCCC, las medidas propuestas para la adaptación de los bosques son principalmente el manejo forestal comunitario y la reforestación (Roberts 2008). Esas actividades no son específicas de la adaptación al cambio climático, lo que muestra que la prioridad para la adaptación en muchos países tropicales es lograr primero un manejo sostenible de los ecosistemas.

### **3. Ecosistemas para la adaptación**

Los ecosistemas proveen servicios que contribuyen a reducir la vulnerabilidad de sectores económicos y poblaciones que se encuentran fuera del bosque. En esta parte, se presentan ejemplos del rol de los servicios ecosistémicos para la adaptación, así como las oportunidades asociadas.

#### **3.1 Servicios ecosistémicos y vulnerabilidad**

Los ecosistemas proveen servicios a diferentes escalas, desde las comunidades locales hasta el mundo. Los autores de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM 2003 y 2005) proponen distinguir entre tres tipos de servicios directamente recibidos por la gente (Figura 2): los servicios de suministro (que contribuyen a producir “bienes” como alimentos, fuentes de energía, bioquímicos, recursos genéticos, fibras y madera), los servicios de regulación (como la regulación del clima, de la cantidad y calidad de agua, de las enfermedades, de la fuerza de los vientos o las olas) y los servicios culturales (por ejemplo, espirituales, religiosos o educativos).

Los servicios ecosistémicos contribuyen al bienestar humano mediante la seguridad, los materiales básicos para la vida, la salud y las relaciones sociales (Figura 2 y MEA, 2005). En los vínculos entre ecosistemas y bienestar humano presentados por la EM, muchos elementos se refieren a la vulnerabilidad de la sociedad al cambio



climático. Por ejemplo, los servicios de regulación reducen la exposición a eventos climáticos: pueden moderar la fuerza de las olas o los vientos (Adger et al. 2005), reducir la temperatura del aire durante olas de calor, por ejemplo, en zonas urbanas (Gill et al. 2007) o regular la calidad o cantidad de agua durante la temporada seca (Imbach et al. 2009). En Costa Rica, el aumento actual de la intensidad de las precipitaciones es un tema de preocupación para el sector hidroeléctrico debido al aumento de la erosión en las cuencas y la sedimentación en los embalses. La conservación de los bosques y el suelo en las cuencas aguas arriba es entonces una medida de adaptación al cambio climático (Vignola y Calvo 2008). Los servicios de suministro reducen la sensibilidad de las comunidades al cambio climático porque representan una seguridad; por ejemplo, en África, cuando la ganadería o la agricultura son afectadas por eventos climáticos, muchas comunidades rurales usan productos forestales no maderables para el consumo directo o para la venta (Paavola 2008).

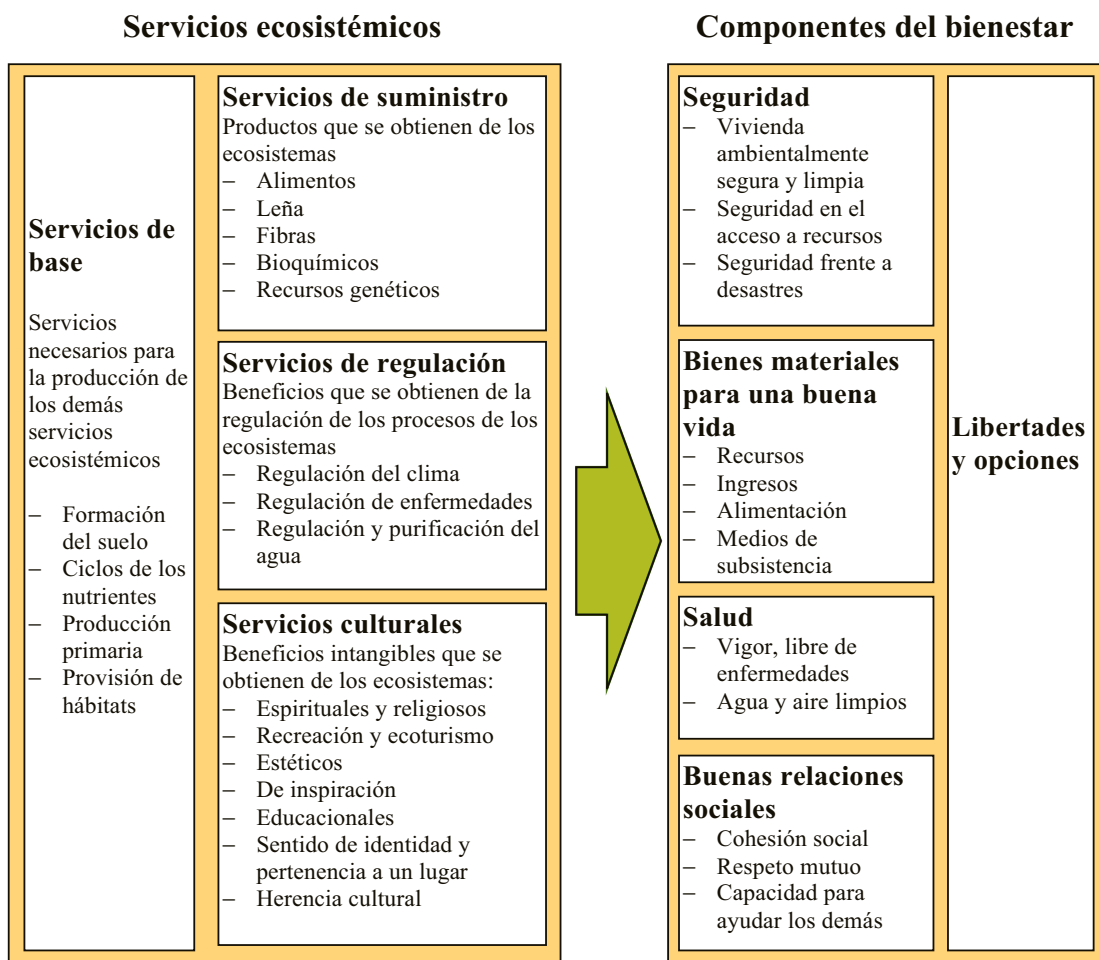


Figura 2. Ejemplos de servicios ecosistémicos y sus vínculos con el bienestar humano (adaptado del Millennium Ecosystem Assessment 2003).

### 3.2 Oportunidades para los ecosistemas

En muchas partes del mundo, los servicios ecosistémicos están amenazados por presiones humanas así como también por el cambio climático. Como la degradación y conversión de ecosistemas por cambio de uso del suelo o sobre aprovechamiento tienen consecuencias sobre la sociedad vulnerable al cambio climático, los planes de adaptación de comunidades o sectores, aun distantes de los ecosistemas, deberían considerar la conservación y manejo sostenible como una medida de adaptación (Locatelli et al. 2008). Por ejemplo, se debería promover los ecosistemas en los planes de adaptación de sectores como el agua, la hidroenergía, los transportes o la protección civil. Hasta ahora, las políticas de adaptación han tenido generalmente un enfoque sectorial, sin considerar el rol de los ecosistemas en la adaptación de otros sectores.

Integrar los ecosistemas en los planes o las políticas de adaptación de la sociedad trae desafíos, por ejemplo, entender y evaluar el rol de los servicios ecosistémicos para la adaptación y crear vínculos institucionales entre quienes manejan los ecosistemas y quienes se benefician de los servicios. Sin embargo, esta integración representa una oportunidad para la conservación y un manejo más sostenible de los ecosistemas. Con esta integración y con el interés creciente en la adaptación al cambio climático, se reconocería más el valor de los ecosistemas y su importancia para el desarrollo sostenible.

## 4. Conclusiones

El cambio climático y las perturbaciones asociadas afectarán a los ecosistemas, lo que tendrá consecuencias sobre comunidades rurales y actores implicados en el manejo de los ecosistemas. La adaptación de los ecosistemas y los actores directamente implicados representa varios desafíos para estos actores, los científicos y los tomadores de decisión a nivel local, nacional e internacional.

Los servicios ecosistémicos pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad de muchos sectores de la sociedad y de comunidades aun alejadas de los ecosistemas, en el ámbito local, nacional o regional. Este rol de los servicios ecosistémicos para la adaptación al cambio climático puede representar una oportunidad para la definición e implementación de medidas de conservación y de manejo sostenible de los ecosistemas, con la participación de diferentes sectores de la sociedad.

El concepto de adaptación basado en ecosistemas (EBA, por sus siglas en inglés, *Ecosystem-Based Adaptation*) ha emergido recientemente en las discusiones internacionales sobre adaptación al cambio climático, con propuestas enviadas a la UNFCCC por países y organizaciones no gubernamentales en diciembre de 2008 (por ejemplo, IUCN 2008) y en 2009 (por ejemplo, por Brasil, Costa Rica, Panamá y Sri Lanka). EBA es un conjunto de medidas y políticas que considera el papel de los ecosistemas en la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad al cambio climático, con un enfoque multisectorial y multiescalas. EBA involucra a diferentes actores (por ejemplo, autoridades locales y nacionales, comunidades locales, sectores privados, ONG) para lograr un manejo más sostenible de los ecosistemas con una perspectiva de adaptación de la sociedad. Este enfoque para la adaptación presenta oportunidades para los ecosistemas así como para la sostenibilidad de la adaptación al cambio climático.

## Bibliografía

- Adger, W.N., Arnell N.W., Tompkins E.L. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15: 77–86.
- Agrawal, A. 2008. The role of local institutions in adaptation to climate change. *International Forestry Research and Institutions Program (IFRI) Working Paper no. W08I-3*, University of Michigan.



- Bawa, K.S., Dayanandan, S. 1998 Global climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change* 39: 473-485.
- Boyd, E. 2008 Navigating Amazonia under uncertainty: past, present and future environmental governance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 1911–1916.
- Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., Schipper, E.L. 2002. From impact assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy* 2: 145-149.
- CIFOR (Center for International Forestry Research). 2008. Adaptive collaborative management can help us cope with climate change. CIFOR InfoBrief 13: 4, Bogor, Indonesia.
- Colfer, C.J.P. (ed.) 2008 Human health and forests: a global overview of issues, practice and policy. Earthscan, London, UK. 374p.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Collins, M., Harris, P.P., Huntingford, C., Jones, C.D. 2004 Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 137-156.
- Cramer, W., Bondeau, A., Schaphoff, S., Lucht, W., Smith, B., Sitch, S. 2004 Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 331-343.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, R.J. Swanson, B.J. Stocks, B.M. Wotton. 2001. Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51:723-734.
- Enquist, C.A.F. 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29(4): 519-534.
- Fearnside, P.M. 2004. Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass? *Global Environmental Change* 14: 299–302.
- Fischlin, A., M. Ayres, D. Karnosky, S. Kellomaki, B. Louman, C. Ong, G.-K. Paltner, H. Santoso, I. Thompson. 2009. Future environmental impacts and vulnerabilities. Pages 53-100 in R. Seppala, A. Buck and P. Katila (eds.), *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*. IUFRO World Series Vol. 22. Helsinki.
- Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J., Velichko, A.A. 2007. Ecosystems, their properties, goods and services. Pages 211-272 in M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Foster, P. 2002 The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55(1-2): 73-106.
- Füssel, H.M. 2007. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science* 2: 265-275.
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S. 2007. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment* 33(1): 115-133. doi: 10.2148/benv.33.1.115
- Gitay, H., Suarez, A., Watson, R.T., Dokken, D.J. (eds.) 2002. *Climate change and biodiversity*. A Technical Paper of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Geneva, Switzerland.
- Goldammer, J.G., Price, C. 2008 Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning model. *Climatic Change* 39, 273-296.
- Guariguata, M.R., Cornelius, J.P., Locatelli, B., Forner, C. Sánchez-Azofeifa, G.A. 2008. Mitigation needs adaptation: tropical forestry and climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13, 793-808.
- Hansen, L.J., Biringer, J.L. Hoffman, J.R. 2003. *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. WWF, Climate Change Program, Berlin, Germany. 246p.
- Hulme, P.E. 2005. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? *Journal of Applied Ecology*, 42, 784-794.
- Imbach, P., Molina, L., Locatelli, B., Corrales, L. 2010. Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos hidrológicos al cambio climático en Mesoamérica.
- Innes, J., Joyce, L.A, Kellomaki, S., Louman, B., Ogden, A., Parrotta, J., Thompson, I. 2009. Management for adaptation. Pages 135-169 in *Future environmental impacts and vulnerabilities*. Pages 53-100. In: Seppala, R., Buck, A., Katila, P. (eds.), *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*. IUFRO World Series Vol. 22. Helsinki.
- 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 pp.
- IUCN. 2008. *Ecosystem-based adaptation: An approach for building resilience and reducing risk for local communities and ecosystems*. A submission by IUCN to the Chair of the AWG-LCA with respect to the Shared Vision and Enhanced Action on Adaptation. UNFCCC, 2008.
- Julius, S.H., West, J.M. (eds.), Baron, J.S., Griffith, B., Joyce, L.A., Kareiva, P., Keller, B.D., Palmer, M.A., Peterson, C.H., Scott, J.M. (authors). 2008. Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA, 873 pp.

- Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarsa, D., Santoso, H. 2008. Facing an uncertain future: How forests and people can adapt to climate change. *Forest Perspectives* no. 5. CIFOR, Bogor, Indonesia, 97 p.
- Loope, L.L., Giambelluca, T.W. 1998. Vulnerability of island tropical montane cloud forests to climate change with special reference to East Maui, Hawaii. *Climatic Change* 39, 503-517.
- Malcolm, J.R., Markham, A., Neilson, R.P., Garaci, M. 2002. Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography* 29, 835-849
- Malhi, Y., Phillips, O.L. 2004. Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359, 549-555.
- Markham, A. 1996. Potential impacts of climate change on ecosystems: review of implications for policymakers and conservation biologists. *Climate Research* 6, 179-191.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (eds.). 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Millar, C.I., Stephenson, N.L., Stephens, S.L. 2007. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* 17(8), 2145-2151.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *People and ecosystems: a framework for assessment and action*. Island Press, Washington, DC.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mitchell, T.D., Hulme, M. 1999. Predicting regional climate change: living with uncertainty. *Progress in Physical Geography* 23 (1), 57-78.
- Mwakifwamba, S., Mwakasonda, S. 2001. *Assessment of vulnerability and adaptation to climate change in the forest sector in Tanzania*. The Centre for Energy, Environment, Science and Technology (CEEST), Tanzania.
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Soares-Filho, B. Merry, F. 2008. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363(1498), 1737-1746.
- Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15 (3), 578-590.
- Ogden, A.E., Innes, J.L. 2008. Climate change adaptation and regional forest planning in southern Yukon, Canada. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 13, 833-861.
- Ogden, A.E., Innes, J.L. 2007. Incorporating climate change adaptation considerations into forest management planning in the boreal forest. *International Forestry Review* 9, 713-733.
- Osman-Elasha, B., Parrotta, J. (Coordinating Lead authors); Adger, N., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Sohngen, B. (lead authors), Dafalla, T., Joyce, L.A., Nkem, J., Robledo, C. (contributing authors). *Future Socioeconomic Impacts and Vulnerabilities*. pp. 101-122 (Chapter 4) In: Seppälä, R., Buck, A., Katila, P. (eds.). 2009. *Adaptation of Forests and People to Climate Change - A Global Assessment Report*. IUFRO World Series Vol. 22. Helsinki. 224 p.
- Paavola, J. 2008. Livelihoods, vulnerability and adaptation to Climate Change in Morogoro, Tanzani. *Environmental Science & Policy* 11 (7), 642-654.
- Pearson, R.G. 2006. Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* 21 (3), 111-113.
- Peterson, G., Allen, C.R., Holling, C.S. 1998. Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems* 1, 6-18.
- Pounds, J.A., Bustamant, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marqua, E., Masters, K.L., Moreno-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S.R., Snachez-Azofeifa, G.A., Still, C.J., Young, B.E. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161-167.
- Pounds, J.A., Fogdan, M.P.L., Campbell, J.H. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398, 611-615.
- Ribot, J.C. 2009. Vulnerability does not just come from the sky: Toward Multi-scale Pro-poor Climate Policy. in Robin Mearns and Andrew Norton (eds.). *Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*. Washington, DC: The World Bank.
- Roberts, G. 2008. *Policies and Instruments for the Adaptation of Forests and the Forest Sector to Impacts of Climate Change as Indicated in United Nations Framework Convention on Climate Change National Reports*. IUFRO, Vienna. 119 p.
- Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C., Pounds J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421, 57-60.
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N.W., Prentice, I.C. 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *PNAS* 103: 13116-13120.
- Sépala, R., Buck A., Katila P. (eds.). 2009. *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*. IUFRO World Series Vol. 22.
- Smithers, J., Smit, B. 1997. Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change* 7(2), 129-146.
- Spittlehouse, D.L., Stewart, R.B. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 4 (1), 1-11.
- Vedeld, P., Angelsen A., Sjaastad E., Berg G. K. 2004. *Counting on the Environment: Forest Incomes and the Rural Poor*. World Bank, Washington, D. C. Environment Department Working Paper No. 98.
- Vignola, R., Otarola, M., Calvo, G. 2010. Defining ecosystem-based adaptation strategies for hydropower production: stakeholders' participation in developing and evaluating alternative land use scenarios and the strategies to achieve desired goals.
- Walker, B.H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6, 18-23.
- Walker, B.H. 1995. Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology* 9, 747-52.



## Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y España.



Sede Central CATIE 7170, Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica  
Tel. (506) 2558-2000 • Fax (506) 2558-2060

[www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)



ISBN: 978-9977-57-527-8



9 789977 575278

Libro de actas del Seminario Internacional sobre Adaptación al Cambio Climático: el Rol de los Servicios Ecosistémicos (SIAASE 2008)

---

# Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina

**Libro de actas del Seminario Internacional sobre Adaptación al Cambio  
Climático: el Rol de los Servicios Ecosistémicos  
(SIAASE 2008)**

Editores

Celia Martínez-Alonso  
Bruno Locatelli  
Raffaele Vignola  
Pablo Imbach

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y España.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2010

ISBN 978-9977-57-527-8

363.73874

A221 Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina : libro de actas del seminario internacional SIASSE 2008 / editado por Celia Martínez Alonso ...[et al.]. – 1 ed. – Turrialba, CR : CATIE, 2010 144 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 99)

ISBN 978-9977-57-527-8

1. Cambio climático – Adaptación – América Latina  
2. Cambio climático – servicios ambientales – América Latina  
I. Martínez Alonso, Celia, ed. II. Locatelli, Bruno, ed. III. Vignola, Raffaele, ed.  
IV. Imbach, Pablo, ed. V. CATIE VI. Título VII. Serie.

## **Créditos**

### **Edición técnica**

Miguel Cifuentes

### **Compilación**

Angela Diaz

### **Corrección de estilo**

Joselyne Hoffmann

Cynthia Mora

### **Diseño y diagramación**

Silvia Francis

### **Financiamiento**

Proyecto Bosques Tropicales y su Adaptación al Cambio Climático (TroFCCA, por sus siglas en inglés), proyecto ejecutado por CATIE y CIFOR y financiado por la Unión Europea bajo el contrato EuropeAid/ENV/2004-81719. Proyecto Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en la Gestión Forestal Sostenible en Iberoamérica (MIA), proyecto ejecutado por CATIE, CIFOR, UPM y financiado por el INIA-España

## Índice

<b>Presentación</b> .....	5
<b>Prólogo</b> .....	7
<b>I. Introducción</b> .....	9
Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático ( <i>Ecosystem services and adaptation to climate change</i> ). Bruno Locatelli y Markku Kanninen .....	11
<b>II. Impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y sus servicios</b> .....	21
Future climate change scenarios and their application for studies of impacts, vulnerability and adaptation in Brazil ( <i>Escenarios futuros de cambio climático y su aplicación a estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en Brasil</i> ). José A. Marengo .....	23
Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos hidrológicos al cambio climático en Mesoamérica ( <i>Vulnerability of hydrological ecosystem services to climate change in Mesoamerica</i> ). Pablo Imbach, Luis Molina, Bruno Locatelli y Lenin Corrales.....	32
Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica ( <i>Ecosystem migration under climate change scenarios: the role of biological corridors in Costa Rica</i> ). Bruno Locatelli y Pablo Imbach.....	44
Impacto del cambio climático para el cultivo de café en Nicaragua ( <i>Impacts of Climate Change on coffee cultivation in Nicaragua</i> ). Peter Laderach, Kathleen Schepp, Julian Ramirez, Andy Jarvis y Anton Eitzinger .....	54
<b>III. Sociedad, servicios ecosistémicos y cambio climático: estrategias de adaptación</b> .....	65
Defining ecosystem-based adaptation strategies for hydropower production: stakeholders' participation in developing and evaluating alternative land use scenarios and the strategies to achieve desired goals ( <i>Definición de estrategias de adaptación basadas en los ecosistemas para la producción de energía hidroeléctrica: la participación de actores en el desarrollo y la evaluación de escenarios alternativos de uso de la tierra y estrategias para lograr los objetivos deseados</i> ). Raffaele Vignola, Marco Otárola y Gustavo Calvo .....	67
Managing the uncertainty of tropical ecosystem vulnerability to climate change ( <i>Gestión de la incertidumbre de la vulnerabilidad de los ecosistemas tropicales ante el cambio climático</i> ). Benjamin Poulter, Fred Hattermann, Ed Hawkins, Sönke Zaehle, Stephen Sitch, Ursula Heyder y Wolfgang Cramer.....	79



Gestión de riesgos climáticos en el sector agropecuario para la adaptación al cambio climático ( <i>Climate Risk Management in the Agricultural Sector geared towards Adaptation to Climate Change</i> ). Walter E. Baethgen .....	88
Desarrollo de capacidad institucional adaptativa, lucha contra la sequía y servicios ecosistémicos en el norte del Uruguay ( <i>Development of adaptive institutional capacity, fight against drought, and ecosystem services in northern Uruguay</i> ). Walter Oyhantçabal.....	97
Estrategias de comunicación para la adaptación al cambio climático ( <i>Communication strategies for adaptation to climate change</i> ). Arturo Curiel Ballesteros.....	105
Financiamiento de la adaptación: propuestas y retos éticos y metodológicos relevantes para la adaptación basada en ecosistemas ( <i>Financing adaptation: Proposals and ethical challeges relevant to ecosystem-based adaptation</i> ). Pascal O. Girot y Raffaele Vignola .....	116
Base de datos sobre proyectos y actividades relacionadas con adaptación al cambio climático desarrolladas en América Latina y el Caribe ( <i>Database of projects and activities related to climate change adaptation carried out in Latin America and the Caribbean</i> ). Angela Diaz Briones .....	131
<b>Relación de autores y direcciones</b> .....	141