

Cambio global y su relación con la conservación y el uso de los bosques neotropicales

Global change and its relationship with the conservation and use of Neotropical forests

LIONEL HERNÁNDEZ

Recibido: 13-03-08 / Aceptado: 19-07-08

Universidad Nacional Experimental de Guayana, Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayana, Puerto Ordaz, Estado Bolívar-Venezuela, E-mail: lhernand@uneg.edu.ve

Resumen

Abundantes indicios sugieren que el cambio climático afectará profundamente a los bosques tropicales. A partir de una revisión bibliográfica, se aborda el análisis de las consecuencias y el panorama del cambio global en los bosques neotropicales. Se constata que no es posible pronosticar exactamente, cuáles cambios ocurrirán en los bosques neotropicales por efecto del cambio climático. Estos ecosistemas para poder sobrevivir tendrán que adaptarse a un medio ambiente con cambios rápidos y extremos. Los ecosistemas más plásticos tendrán mayores probabilidades de adaptación. Como no será posible disponer de suficiente información sobre los parámetros relevantes del cambio, la toma de decisiones en la planificación y el manejo estará inevitablemente caracterizada por un alto riesgo y un elevado nivel de incertidumbre. A fin de mitigar los impactos negativos y contribuir a la adaptación de los bosques neotropicales al cambio climático, se proponen desde el punto de vista ecológico, estrategias como: poner en práctica planes de contingencia, desarrollar enfoques flexibles y adaptables de planificación y manejo forestal a nivel de bioregión, garantizar la interacción continua entre investigación-monitoreo y manejo, incorporar la plasticidad como mecanismo de adaptación, conectar a través de corredores forestales los núcleos de áreas forestales protegidas en cada bioregión, expandir la conservación hacia las áreas buffer vecinas a las áreas protegidas, implementar un manejo sustentable de las bioregiones, promover el pago compensatorio de servicios ambientales y abogar por la incorporación de la modalidad de deforestación y degradación evitada como mecanismo de reducción de emisiones en el Convenio de Cambio Climático.

Palabras clave: cambio climático, bosques neotropicales, deforestación, adaptación, conservación.

Abstract

Many evidences suggest that the climate change will deeply affect tropical forests. Through a review, this paper analyzes the consequences of climate change on the Neotropical forests and their perspective. It is not possible to predict exactly, which changes will happen in the neotropical forests as result of the climate change. For these ecosystems to survive, they have to adapt self to a fast and extreme changing environment. The most plastic ecosystems have bigger possibilities of adaptation. As it is not possible to have enough information on relevant parameters of global change, planning and management decisions will be uncertain and will be taken under high risk. In order to mitigate the negative impacts on the Neotropical forests and to adapt them to climate change, I propose, from an ecological point of view, some strategies and approaches, like development of adaptation plans with flexibles, and adaptive planning and management approaches at bioregion level; continuous interaction between research-monitoring and management; incorporation of plasticity as an adaptation mechanism; connecting cores of protected areas of each bioregion through forest corridors; expand the conservation to the neighbouring areas, implementing a sustainable management of the bioregions; promotion of payment of ecosystem services; and supporting the incorporation of reduced emissions of deforestation and forest degradation in the Climate Change Convention.

Key words: climate change, neotropical forests, deforestation, adaptation, conservation.

1. Introducción

Desde la revolución industrial se ha incrementado la emisión de gases efecto invernadero en la atmósfera, pero entre 1970 y 2004, ésta se ha incrementado en un 70% (IPCC, 2007a). El principal cambio derivado de este incremento inducido por actividades humanas, es el aumento de la temperatura global (IPCC, 2007b). También se espera mayor variabilidad climática y una

creciente intensidad y frecuencia de eventos meteorológicos extremos como tormentas, inundaciones, sequías severas, incendios forestales y olas de calor (Stern, 2007).

Abundantes evidencias científicas constatan el riesgo global que el cambio climático representa. La discusión sobre el cambio climático y los bosques tropicales se ha enfocado principalmente en el papel que estos ecosistemas pueden desempeñar en la mitigación

del impacto de tal cambio, es decir en la reducción de emisiones o la captura de gases de efecto invernadero. A pesar de la importancia del suministro de bienes y servicios generados por los bosques tropicales se ha prestado poca atención al proceso de adaptación de estos ecosistemas al cambio global y cómo su manejo puede contribuir a dicha adaptación (Guariguata *et al.*, 2007). A partir de una revisión bibliográfica, en este trabajo se analizan las consecuencias y el panorama del cambio global en los bosques neotropicales y se discuten enfoques conceptuales y estrategias que, desde el punto de vista ecológico, podrían ser útiles para mitigar los potenciales impactos negativos del cambio global en los bosques neotropicales.

2. Cambio climático y deforestación tropical

Las actividades humanas producen una emisión anual aproximada de 8 Gt (1 Gt= 1Pg=10⁹ toneladas) de carbono (C), de las cuales 6,4 provienen de combustibles fósiles y 1,6 de la deforestación (Stephens *et al.*, 1998 citado por Burgermeister, 2007). En el 2004 la deforestación y la descomposición de la biomasa contribuyeron en casi un 20% del total de las emisiones de CO₂. Este cambio de uso de la tierra representa, después del uso de combustibles fósiles, la segunda fuente global más importante de emisiones de CO₂ (IPCC, 2007a). Los bosques con sus suelos contienen dos o tres veces la cantidad de carbono contenida actualmente en la atmósfera y procesan anualmente a través de la fotosíntesis y la respiración una cantidad equivalente a un 15-20% de ese total. Este papel clave en el ciclo global del carbono evidencia la importancia de los bosques para el clima, pero su complejidad y magnitud hacen difícil su cuantificación. Asimismo, cabe recordar su importante rol en el almacenamiento y transferencia de energía y agua en la biosfera y en la atmósfera (WCFSD, 1999).

La transformación de los bosques ha sido un proceso continuo desde la era glacial, pero los mayores niveles de perturbación humana se han registrado recientemente. Desde los períodos históricos preagrícolas, hace unos 8.000 años, hasta hoy día se ha estimado una pérdida del 50% de la cobertura forestal original del planeta, perdido en su mayor parte durante las últimas tres décadas (Bryant *et al.*, 1997). Un 40% de los bosques actuales son "fronteras forestales", es decir grandes extensiones boscosas

poco perturbadas, de las cuales un 39% se encuentra amenazado por el desmonte para la agricultura y otras actividades humanas (Bryant *et al.*, 1997).

Las mayores tasas de deforestación del planeta ocurren en los trópicos (FAO, 2007). Los bosques tropicales poseen una importante capacidad de almacenamiento de carbono, cuyo promedio oscila entre 70 y 400 Mg C ha⁻¹. El mayor potencial (aprox. hasta 750 Mg C ha⁻¹) se encuentra en los bosques pluviales (Bruenig 1996; Cannel 1982). Los bosques de la Amazonia y el Escudo de Guayana comprenden las mayores extensiones de bosque tropical del planeta y constituyen a nivel global, con más de 100 Gt, la mayor reserva biótica de carbono, que podría ser alterada por cambios en el uso de la tierra y alteraciones del balance entre fotosíntesis y respiración resultante de variaciones del clima y la composición atmosférica (Nobre, 2001).

La principal causa de la deforestación en el Neotrópico es la conversión de bosques en tierras agropecuarias, pero también son importantes la expansión de los asentamientos e infraestructura y el aprovechamiento maderero tradicional (FAO, 2007a). La deforestación está acompañada por procesos de fragmentación y degradación de bosques, que han sido pobremente documentados (Nepstad *et al.*, 1999) y deficientemente cartografiados (Achard *et al.*, 2002). Tales perturbaciones, al alterar el microclima e incrementar el combustible fino, hacen que los bosques perturbados sean más susceptibles a los incendios (Kauffman y Uhl, 1990). De esta manera, la deforestación se está convirtiendo también en una amenaza para las comunidades boscosas remanentes.

3. Los bosques neotropicales y su respuesta al cambio global

Aunque no es fácil observar evidencias directas de la respuesta de los bosques tropicales ante el cambio atmosférico contemporáneo, hay indicios crecientes de que el cambio climático afectará profundamente los bosques (FAO, 2007a). Desde mediados de la década de los años 70 se ha registrado un incremento global de 0,26 °C por década en las regiones forestales tropicales (Mahli y Wright, 2004). No obstante, es difícil diferenciar entre los efectos generados por el cambio climático y los efectos generados por la fragmentación y la degradación. Existe incertidumbre en especial sobre cómo el cambio climático afectará

el ciclo del carbono de los bosques y cómo serán sus procesos dinámicos de retroalimentación y tiempos de rezago en sus respuestas.

El cambio global puede afectar las tasas de crecimiento y descomposición, la superficie, tipo e intensidad de las perturbaciones naturales, los patrones de uso de la tierra y otros procesos ecológicos. Se piensa que mayores concentraciones de CO₂ atmosférico pueden incrementar la productividad forestal y que probablemente el incremento de la temperatura y la sequía la disminuyan (Clark, 2004). Algunos autores, por ejemplo, concluyen que durante las décadas recientes ha ocurrido un incremento neto de biomasa en los bosques húmedos amazónicos (Baker *et al.*, 2004), sudamericanos (Lewis *et al.*, 2004) e incluso neotropicales (Phillips *et al.*, 1998) y sugieren como posibles fuerzas motrices del crecimiento acelerado la fertilización de la fotosíntesis inducida por elevadas concentraciones de CO₂, los cambios en la radiación solar o temperatura. Mahli y Phillips (2004) sugieren relaciones entre el cambio atmosférico y el incremento de la tasa de recambio arbóreo (mortalidad y reclutamiento).

Un clima más cálido podría incrementar la susceptibilidad a incendios y aumentar la pérdida de bosques por incendios forestales no controlados. En el Neotrópico se ha observado un aumento a largo plazo en el promedio de incendios y superficie quemada (FAO, 2007b). Ejemplos de grandes incendios recientes en zonas boscosas húmedas poco pobladas son los ocurridos en Roraima, Brasil (14.000 km²) en 1998 (Nobre, 2001) y en Canaima, Venezuela en el 2003 (obs. pers.). Tal creciente incidencia de incendios puede ser resultado de procesos de desecamiento en algunas regiones, pero muy probablemente también jueguen un rol importante otros factores independientes del clima como la desecación asociada a la fragmentación, el aprovechamiento maderero y el avance de los frentes de colonización (Mahli y Phillips, 2004). Por ejemplo, Laurance (2004) demuestra cómo la deforestación y la fragmentación boscosa pueden acelerar el cambio climático mediante alteraciones de la interacción bosque-clima. A nivel local (<1 Km) el elevado desecamiento y la perturbación del viento cerca de los bordes del fragmento conducen a un aumento de la mortalidad arbórea, alterando la dinámica de claros del dosel, la composición florística, la dinámica de la biomasa y el almacenamiento de carbono. Asimismo los fragmentos boscosos son más vulnerables a los incendios propagados en el borde. A niveles de paisaje

y región (10 - 1000 Km), el calentamiento superficial ocasionado por la fragmentación del hábitat puede tener efectos complejos sobre la interacción bosque-clima con importantes consecuencias para la circulación atmosférica, el ciclo del agua y la precipitación.

Estos ejemplos ponen de relieve tanto la retroalimentación positiva entre la deforestación, el cambio climático regional y el fuego, como la seria amenaza que representa tal interacción. Esta interacción entre cambio de uso de la tierra, microclima local y regímenes de fuego puede jugar un rol crítico en la determinación de la viabilidad y sostenibilidad de reservas forestales y corredores (Barlow y Peres, 2004; Laurance, 2004). Igualmente, la conjugación de bosques perturbados, el calentamiento global y el aumento de incendios proporcionan un medio propicio para la proliferación de plagas y enfermedades que podrían trastornar más fácilmente la salud de los bosques. Otra amenaza potencial es el incremento de especies invasoras que podrían desplazar especies claves y alterar la cadena trófica de los ecosistemas boscosos (FAO, 2007a).

Los estudios paleoecológicos y contemporáneos indican que la composición de especies de los bosques tropicales es altamente sensible a pequeños desplazamientos de los parámetros climáticos promedios y la composición atmosférica promedio (Mahli y Phillips, 2004). Como resultado del impacto severo del calentamiento se han pronosticado amenazas de extinción para un gran número de especies, pudiendo alcanzar valores entre 20 y 50% (Stern, 2007). Una disminución del número de especies en un bosque puede tener consecuencias en la estabilidad del ecosistema. Varias evidencias indican una tendencia promedio, según la cual, la biodiversidad impulsa la estabilidad. Aún cuando el mecanismo propulsor de tal relación, depende más bien de la presencia de especies o grupos funcionales de especies en las comunidades que sean capaces de ofrecer una respuesta diferenciada ante eventos de perturbación y procesos de competencia y predación (McCann, 2000). En este sentido, Noss 2001 (citado por Guariguata *et al.*, 2007) indica que un grado mínimo de estructura y biodiversidad es necesario para poder mantener la capacidad de adaptación de los bosques ante un cambio ambiental.

Como consecuencia del aumento de la temperatura global se ha pronosticado (dependiendo de la intensidad del cambio térmico) que gran parte de los ecosistemas terrestres serán incapaces de mantener su forma actual. Por ejemplo, algunos estudios

pronostican que, como resultado del desecamiento posiblemente se inicie el colapso parcial o hasta total (si el incremento térmico promedio sobrepasa los 2-3 °C) del bosque pluvial amazónico (Stern, 2007). Después de una perturbación, para que un bosque pueda retornar o no a una condición relativamente similar a la original, depende de su potencial de regeneración y de su “elasticidad”. Ésta última se entiende como la capacidad que tienen los suelos para amortiguar la acidez, almacenar agua y nutrientes y retrasar su lixiviación. Los ecosistemas con alta elasticidad pueden soportar mayores variaciones climáticas, que aquellos de baja elasticidad, sin tener que cambiar la composición florística (Fölster, 1994). La resiliencia es la capacidad del ecosistema para recuperar, después de la perturbación, una condición similar a la situación anterior (Holling, 1973). La viabilidad de la resiliencia no está siempre garantizada; sobre todo después de una o varias perturbaciones radicales, como parecen ser el cambio climático, la deforestación y la fragmentación. Éstas pueden desatar un proceso de desestabilización y degradación, impidiendo al ecosistema boscoso recuperar niveles mínimos de biomasa, nutrientes y especies claves desembocando en la conversión a otro tipo de ecosistema menos diverso y con menor biomasa como, por ejemplo, una sabana arbustiva (Fölster, 1992, 1994).

El cambio global impactará la mitigación de carbono en el sector forestal, pero la magnitud y la dirección de este impacto no puede ser pronosticada con suficiente fiabilidad en estos momentos (IPCC, 2007a). Aún reina incertidumbre sobre si los bosques tropicales funcionan actualmente como sumideros o fuentes de emisión de carbono a la atmósfera y cómo será su desarrollo futuro (Clark, 2004). Sin embargo, recientemente Stephens *et al.* (2007) afirman haber localizado el “sumidero perdido de carbono” en los bosques tropicales. De acuerdo con sus resultados provenientes de muestreos aéreos, los bosques tropicales estarían absorbiendo una cantidad de carbono que supera la cantidad estimada previamente. Este rol de sumidero coincide con el incremento de biomasa en bosques neotropicales mencionado anteriormente (Lewis *et al.*, 2004, Phillips *et al.*, 1998). Asimismo, Stephens *et al.* (*idem*) afirman que la tala de los bosques tropicales no solamente incrementaría las emisiones de carbono sino que además removería un fuerte sumidero así como su potencial para compensar futuras emisiones. En este sentido, Lewis

(2006) señala dos impactos recientes, i) la emisión de carbono a la atmósfera y la pérdida de especies como resultado de la deforestación y ii) el sumidero de carbono de los remanentes de bosques intactos acompañado por una dinámica forestal acelerada y amplios cambios de biodiversidad. En consecuencia, Lewis (*idem*) considera que el actual rol como sumidero de carbono probablemente no se mantendrá en el futuro y que los bosques tropicales más bien se convertirán en una fuente de emisión de carbono a través de cuatro vías posibles: cambio de las tasas de fotosíntesis y respiración, cambios de biodiversidad en los bosques intactos, colapso amplio del bosque como resultado de eventos de sequía y colapso amplio del bosque como resultado de incendios.

De cualquier manera, se puede concluir que no es posible pronosticar de manera exacta a nivel regional y para los lapsos de tiempo usuales en la planificación forestal, cuáles tipos de cambios ocurrirán en los bosques como producto del cambio global. Muy probablemente los cambios de uso de la tierra y el cambio climático en los trópicos continuarán siendo las fuerzas motrices durante las próximas décadas (IPCC, 2007a), recordando que hoy día y en el futuro inmediato en muchas regiones neotropicales la deforestación y la degradación son problemas más urgentes que los efectos del cambio climático (Mahli y Phillips, 2004). En consecuencia, los ecosistemas boscosos para poder sobrevivir probablemente tendrán que adaptarse a un medio ambiente rápidamente cambiante. Aquellos ecosistemas más plásticos, es decir con mayor elasticidad y resiliencia, tendrán mayores probabilidades de adaptación.

La plasticidad “ecosistémica” se entiende como la capacidad de un ecosistema de poder auto organizarse o transformarse estructural y funcionalmente en un medio con condiciones ambientales cambiantes, moderando daños potenciales, aprovechando las oportunidades y superando los efectos negativos (modificado a partir de Jenssen, 2006). Este concepto es equivalente a la capacidad de adaptación propuesta por el IPCC 2001 (citado por Guariguata *et al.*, 2007).

La planificación y el manejo de estos bosques se efectuará en un escenario ambiental con cambios rápidos y extremos, en donde no será posible disponer de suficiente información sobre los parámetros relevantes del cambio. La toma de decisiones estará pues inevitablemente caracterizada por un alto riesgo y un elevado nivel de incertidumbre.

4. Mitigación del impacto del cambio global en los bosques neotropicales

Para poder enfrentar y adaptarse al cambio global es necesario instrumentar planes de contingencia y adoptar un nuevo enfoque para el manejo de los ecosistemas forestales tropicales. Si se desea poder seguir obteniendo bienes y servicios del bosque y poder conservar su biodiversidad, es necesario hacer cuidadosos análisis, utilizando aproximaciones holísticas, de su situación actual y su evolución futura. A partir de tales análisis se podrá evaluar, corregir e incluso cambiar los objetivos y las estrategias en un proceso continuo, flexible y adaptable de planificación y manejo forestal a nivel de bioregión. Para ello será imprescindible el desarrollo continuo de un programa interactivo de investigación y monitoreo que suministre información objetiva, confiable y oportuna. Dado que se debe descartar la idea del manejo de ecosistemas forestales “estables”, será necesario introducir la plasticidad ecosistémica como mecanismo de adaptación al cambio global. Su incorporación busca contribuir a la instrumentación de un manejo flexible, adaptable y más realista. La meta sería conservar y manejar bosques con una composición y una estructura arbórea que puedan adaptarse al cambio global. Es decir, ecosistemas plásticos con una elevada elasticidad para enfrentar la variabilidad del clima y de las condiciones de sitio y con una alta resiliencia que permita al ecosistema, luego de una perturbación, restablecer niveles de biomasa y diversidad similares a los de su situación inicial. Tal manejo debe dejar abierto el mayor número posible de opciones y alternativas. A continuación se presentan, desde la perspectiva ecológica, algunas recomendaciones para lograr este propósito:

- Es esencial seguir conservando las áreas boscosas protegidas, asegurando que su diseño y manejo sean lo suficientemente robustos para enfrentar el cambio global. Sin embargo, probablemente esto no será suficiente, siendo imprescindible, por ende, ampliar el área de conservación fuera de estos núcleos de áreas bajo protección estricta, introduciendo una planificación y manejo a nivel de paisaje y bioregión con un enfoque de análisis integral, sistémico, multidisciplinario e interdisciplinario, haciendo uso del razonamiento “ecológico” e incorporando la planificación participativa que reconoce al ser humano como un componente integral de los ecosistemas y con-

sidera que todo plan de ordenamiento y manejo es una decisión de la sociedad. Esta propuesta coincide con iniciativas internacionales como el enfoque ecosistémico adoptado en el Convenio de Diversidad Biológica (UNEP/CDB, 2000) y el manejo bioregional propuesto para el programa MAB-UNESCO (Miller, 1996). Con esto, se busca conservar las bases de la vida humana, proteger los recursos naturales y el mantenimiento y desarrollo de formas sustentables del uso de la tierra, emulando lo planteado para las Reservas de Biosfera. Este enfoque establece una bioregión, en la cual se expande la conservación fuera de los núcleos de protección estricta hacia áreas “buffer”, es decir, zonas no prístinas, vecinas a las áreas protegidas, bajo uso productivo y que aún poseen áreas con vegetación natural (Crowther *et al.*, 2007). En estas áreas de amortiguación se intenta vincular a las áreas protegidas mediante corredores boscosos que contribuyan no solamente a la conservación de la biodiversidad sino también a reducir su vulnerabilidad ante el cambio climático a nivel local, regional y global. En estas bioregiones deberían instrumentarse tareas como manejo múltiple sustentable de los bosques naturales productivos, restauración de áreas degradadas, plantaciones forestales productivas y protectoras, recuperación y manejo de bosques secundarios, desarrollo de formas sustentables del uso de la tierra (e.g. sistemas agroforestales) y sistemas efectivos de alerta y control de incendios.

- Para entender mejor las respuestas actuales y futuras de los bosques neotropicales ante el cambio global será necesario efectuar estudios a largo plazo, mediante un monitoreo anual de bosques considerados representativos, combinando el uso de sensores remotos y mediciones en el terreno (Clark, 2004). La información resultante alimentará los mejores modelos de simulación disponibles para poder predecir y ajustar la planificación y el manejo forestal (Mahli *et al.*, 2002).
- La diversidad de especies arbóreas presentes en los bosques neotropicales constituye un amplio reservorio natural. Es importante mantener poblaciones viables de especies claves en distintas localidades geográficas, para minimizar la probabilidad de extinción local de especies por eventos catastróficos (IPCC, 2007a). Para ello será conveniente maximizar los tamaños de las poblaciones de especies, donde la presión de la

selección natural para la supervivencia es más fuerte (Guariguata *et al.*, 2007). Este reservorio puede ser usado como fuente de semillas y propágulos para el ensayo y la selección de especies aptas para plantaciones forestales y sistemas agroforestales. Tal diversidad representa la base para el desarrollo de ecosistemas forestales productivos más plásticos que se puedan adaptar con mayor probabilidad a las distintas condiciones cambiantes de clima y sitio de cada región. En el caso de las plantaciones forestales, debería evitarse el establecimiento de monocultivos extensos y tratar de no limitarse a seleccionar el mismo grupo reducido de especies arbóreas comerciales usualmente utilizado en las plantaciones. Este número debería ser ampliado progresivamente mediante la incorporación de nuevas especies a los ensayos de especies. Esto no significa, sin embargo, que simplemente debe tenderse a alcanzar el máximo número posible de especies por unidad de área en plantaciones; por el contrario, debería buscarse un conjunto óptimo de varias especies arbóreas que posean un alto grado de adaptación a las cambiantes condiciones ambientales. Usualmente, estas especies con gran adaptabilidad poseen una alta plasticidad, caracterizada por su variabilidad de hábitos y estrategias reproductivas, que les permiten desarrollarse exitosamente en un amplio rango de hábitats bajo diferentes condiciones de iluminación, fertilidad y regímenes de perturbación. Es decir un comportamiento flexible, no especializado, más bien oportunista que les permita sobrevivir y adaptarse a ecosistemas forestales con altos niveles de perturbación durante su ciclo de vida.

- La tarea primordial de la conservación de los bosques neotropicales es la disminución de la deforestación. Su control está asociado a la lucha contra la pobreza rural, la resolución o disminución de los conflictos socio ambientales, el fortalecimiento de las instituciones, el incremento de la gobernabilidad y el financiamiento de la conservación. Aunque es un gran desafío, existen experiencias prometedoras. Por ejemplo, Costa Rica, el único país de América Latina que registró un incremento de la superficie de bosques en el período 2000- 2005. Tal reversión parece relacionarse con políticas innovadoras para financiar la ordenación forestal y el pago de servicios ambientales; también es probable que las fuerzas macroeconómicas hayan influido en

la disminución de la superficie agrícola (FAO, 2007a). Este ejemplo sugiere la importancia del pago compensatorio de servicios ambientales para la conservación de los bosques, que generen fuentes de ingresos adicionales para los pobladores del bosque. Para fortalecer tales posibilidades, es importante que los países neotropicales promuevan la incorporación de la modalidad, aún no contemplada, de deforestación y degradación evitada (REDD) en el Convenio de Cambio Climático (Kanninem *et al.*, 2008) como un mecanismo innovador de incentivo financiero para la reducción de emisiones y la conservación en el contexto del cambio global.

- A nivel nacional se requiere la instrumentación de políticas públicas que faciliten la incorporación del cambio climático en las actividades de conservación y uso de los bosques tropicales. En este sentido merecen especial atención la asistencia técnica y la difusión de guías prácticas sobre la adaptación de los bosques al cambio climático dirigidas a todos los actores del sector forestal. Evidentemente, también será necesaria una mayor cooperación internacional para lograr la mitigación, orientada hacia el fortalecimiento e incorporación del componente de cambio climático en iniciativas internacionales como: el Corredor Centroamericano, el Corredor Andino, la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Parques Nacionales, la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas, la Red de Control de Incendios en Sudamérica, Centroamérica y en el Caribe, la Iniciativa del Escudo de Guayana y los procesos de certificación de manejo forestal, entre otros (FAO, 2007a).

5. Agradecimientos

Agradezco a los árbitros anónimos sus valiosas observaciones.

6. Referencias bibliográficas

- ACHARD, F., H. EVA, H. STIBIG, P. MAYAUX, J. GALLEGO, T. RICHARDS y J. MALINGREAU. 2002. Determination of the deforestation rates in the world's humid tropical forests. *Science* 297: 999-1002.

- BAKER, T., O. PHILLIPS, Y. MALHI, S. ALMEIDA, L. ARROYO, A. DI FIORE, T. ERWIN, N. HIGUCHI, T. KILLEEN, S. LAURANCE, W. LAURANCE, S. LEWIS, A. MONTEAGUDO, D. NEILL, P. NUÑEZ VARGAS, N. PITMAN, N. SILVA and R. VÁSQUEZ MARTÍNEZ. 2004. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 359 (1443): 353-365.
- BARLOW J. and C. PERES. 2004. Ecological responses to el Niño-induced surface fires in Central Brazilian Amazonia: Management implications for flammable tropical forests. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 359 (1443): 367-380.
- BRUENIG, E. F. 1996. *Conservation and Management of Tropical Rainforests, An integrated approach to sustainability*. CAB International, Wallingford UK. 360 p.
- BRYANT, D., D. NEILSON and L. TANGLEY. 1997. *The last forest frontier forests: ecosystems and economies on the edge*. World Resources Institute, Washington, DC. 115 p.
- BURGERMEISTER J. 2007. Missing carbon mystery: case solved? *Nature Reports* 3: 36-37.
- CANNEL M. 1982. *World Forest Biomass and Primary Production Data*. Compiled by: M.G.R., Canell. Academic Press, London. 150 p.
- CLARK, D. 2004. Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Philosophical Transactions Biological Sciences* 359(1443): 477-491.
- CROWTHER W, C. LEÓN and C. HALL. 2007. Integrating forest biodiversity conservation and community development objectives to generate a new paradigm for buffer zone management. *Memorias V Congreso Forestal Venezolano*. Upata Venezuela.
- FAO. 2007a. *Situación de los bosques del mundo 2007*. FAO, Roma. 57 p.
- FAO. 2007b. *Fire management- global assessment 2006-2007*. Forestry paper 11. FAO. Rome.
- FÖLSTER, H. 1994. Stability of forest ecosystems in the humid tropics. *Interciencia* 19(6): 291-296.
- FÖLSTER, H. 1992. Holocene Autochthonous Forest Degradation in Southeast Venezuela. In: *Tropical Forests in Transition*. Birkhaeuser, Basel. GOLDAMMER, J. G. (eds.). 25-44 pp.
- GUARIGUATA, M., J. CORNELIUS, LOCATTELI, C. FORNER and G. SÁNCHEZ-AZOFEIFA. 2007. *Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change*. Mitig Adapt Strateg Glob Change DOI 10.1007/s11027-007-9141-2. Springer. 16 p.
- HOLLING, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4:1-23.
- IPCC. 2007a. Group III report: mitigation of climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change. En línea: http://arch.rivm.nl/env/inte/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html [Consultado: 16/11/07].
- IPCC. 2007b. Working Group I report: the physical science basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. En línea: <http://arch.rivm.nl/env/inte/ipcc> [Consultado: 16/11/07].
- JENSSEN, M. 2006. Klimawandel und Waldentwicklung. Potsdamer Klimakonferenz. Potsdam. En línea: <http://www.potsdamer-klimakonferenz.de> [Consultado: 16/09/07].
- KANNINEN, M., D. MURDIYARSO, F. SEYMOUR, A. ANGELSEN, S. WUNDER y L. GERMAN. 2008. ¿Crecen los árboles sobre el dinero?: Implicaciones de la investigación sobre deforestación en las medidas para promover la REDD. Forest Perspectives 4. Bogor Indonesia. CIFOR. 62 p.
- KAUFFMAN, J. B. and C. UHL. 1990. Interaction of anthropogenic activities, fire, and rain forests in the Amazon Basin. In: *Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges*. J.G. GOLDAMMER (eds.). Ecological Studies 84. Springer-Verlag, New York, New York, USA. 117-133 pp.
- LAURANCE, F. 2004. Forest- climate interactions in fragmented tropical landscapes. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 359(1443): 345-352.
- LEWIS, S., O. PHILLIPS, BAKER T., J. LLOYD, Y. MAHLI, S. ALMEIDA, N. HIGUCHI, W. LAURANCE, D. NEILL, J. SILVA, J. TERBOGH A. TORRES LEZAMA, R. VÁSQUEZ MARTÍNEZ, S. BROWN, J. CHAVE, C. KUEBLER, P. NUÑEZ VARGAS and B. VICENTI. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 359(1443): 421-436.
- LEWIS, S. 2006. Tropical forests and the changing earth system. *Philosophical Transactions Royal Society* 361: 195-210.
- MAHLI, Y., O.L. PHILLIPS, J. LLOYD, T. BAKER, J. WRIGHT, S. ALMEIDA, L. ARROYO, T. FREDERIKSEN, J. GRACE, N. HIGUCHI, T. KILLEEN, W.F. LAURANCE, C. LEAÑO, S. LEWIS, P. MEIR, A. MONTEAGUDO, D. NEILL, NUÑEZ P. VARGAS, S.N. PANFIL, S. PATIÑO, N. PITMAN, C.A. QUESADA, RUDAS, R. SALOMÃO, S. SALESKA, N. SILVA, M. SILVEIRA, W.G. SOMBROEK, R. VALENCIA, VÁSQUEZ, R. MARTÍNEZ, I.C.G. VIEIRA and B. VINCETI. 2002. An international network to monitor the structure, composition and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). *Journal of Vegetation Science* 13: 439-450.
- MAHLI, Y. and O. PHILLIPS. 2004. Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 359(1443): 311-329.
- MAHLI, Y. and WRIGHT J. 2004. Spatial patterns and recent trends in the climate of torpical rainforest regions. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 359(1443): 549-555.
- MCCANN K., S. 2000. The diversity-stability debate. *Nature* 405: 228-233.
- MILLER, K. 1996. *En busca de un nuevo equilibrio: Lineamientos para incrementar las oportunidades de conservar la biodiversi-*

- dad a través del manejo bioregional*. World Resources Institute. Washington D. C. 81 p.
- NEPSTAD, D. C., D. VERÍSSIMO A., A. ALENCAN, C. NOBRE, E. LIMA, P. LFEVRE, P. SCHLESINGEN, C. POTTER, P. MOUNTINHO, E. MENDOZA, M. COCHRANE and V. BROOKS. 1999. Large scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508.
- NOBRE, C. 2001. Amazonian tropical forests: carbon source or sink?. In: Understanding and capturing the multiples values of tropical forest. *Proceedings of International Seminar on Valuation and Innovative Financing Mechanisms in support of Conservation and sustainable management of tropical forest*. Verweij. P. Wageningen (eds). 43-48 pp.
- PHILLIPS, O., Y. MALHI, N. HIGUCHI, W. LAURANCE, P.V. NUÑEZ, R.M. VÁSQUEZ, S. LAURANCE, L.FERREIRA, M. STERN, S. BROWN and J. GRACE 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence of long term plots. *Science* 282: 439-442
- STEPHENS, B., K. GURNEY, P. TANS, C. SWEENEY, W. PETERS, L. BRUHWILER, P. CIAIS, M. RAMONET, P. BOUSQUET, T. NAKAZAWA, S. AOKI, T. MACHIDA, G. INOUE, N. VINNICHENKO, J. LLOYD, A. JORDAN, M. HEIMANN, O. SHIBISTOVA, R. LANGENFELDS, L. STEELE, R. FRANCEY y A. DENNING. 2007. Weak Northern and strong tropical Land Carbon uptake from vertical profiles of atmospheric CO₂. *Science* 316: 1732-1735.
- STERN, N. 2007. *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press. Cambridge UK. 712 p.
- UNEP/CDB 2000. El paradigma del Enfoque Ecosistémico (tomado de *Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity*, information document No. 9 -UNEP/CDB/COP/4/inf.9). 115 p.
- WCFS 1999. *Our Forests: report of the World Commission on Forests and Sustainable Development (WCFS)*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. 205 p.