

# Adaptación de los bosques tropicales al cambio climático: una oportunidad para la investigación interdisciplinaria

## *Adaptation of tropical forests to climate change: an opportunity for interdisciplinary research*

EMILIO VILANOVA

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,  
Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Grupo de  
Investigación Biodesus. Mérida, Venezuela,  
Correo electrónico: vilanova@ula.ve

Recibido: 06-09-10 / Aceptado: 15-12-10

### Resumen

Los bosques tropicales cumplen un papel fundamental en el ciclo global del carbono y, por tanto, su manejo y conservación son aspectos de vital importancia para atender el problema del cambio climático. Conservar los bosques como sumideros de carbono y frenar las emisiones producidas por la deforestación y degradación son las principales acciones que se manejan actualmente en el contexto internacional. En general, se ha puesto especial atención en estos ecosistemas como mecanismos de mitigación dejando muy poco espacio para el tema de la adaptación. Probablemente, la falta de información adecuada y actualizada ha favorecido esta comprensible omisión. Cómo responden los bosques tropicales al cambio climático y cómo las actividades de manejo pueden contribuir a aumentar su resiliencia y capacidad adaptativa son aún importantes interrogantes. Asimismo, dada la enorme relevancia de estos ecosistemas en la producción de vitales servicios ecosistémicos para la población humana, es preciso evaluar su estado de conservación y la compleja relación con la gente. Para lograr estos objetivos, diferentes disciplinas deberán combinarse para generar resultados que puedan ser utilizados en la formulación de políticas de adaptación a diferentes escalas y facilitar, al mismo tiempo, el manejo sostenible de los bosques. Se revisan, en este trabajo, algunos conceptos relacionados con la adaptación de los bosques tropicales al cambio climático, la contribución del manejo forestal sostenible para lograr esta meta y se discute el papel de la investigación en la generación de información. Los planteamientos esbozados pueden servir para el diseño de políticas de investigación aplicables a los bosques de Venezuela.

**Palabras clave:** adaptación, cambio climático, investigación, políticas, servicios ecosistémicos, Venezuela.

### Abstract

Tropical forests play a critical role in global carbon cycle. In consequence, conservation and management are relevant elements towards coping climate change. Protection of forest to conserve carbon sinks and slow emissions coming from deforestation and degradation are two of the main actions being discussed today in the international agenda. As a result, often, when it comes to these ecosystems special attention has been placed on mitigation options with very little consideration on adaptation. Lack of sound and updated information has been, probably, a reason of this understandable omission. How tropical forests respond to climate change and how management activities can contribute to increase their resilience and adaptive capacity are still major questions. Moreover, given the great relevance of tropical forests for production of vital ecosystem services (ES) for human population it is important to assess the conservation status of ES and the complex relationship with people. To accomplish these objectives, different disciplines would have to combine to generate results that can be used into the process of policy formulation for adaptation in different scales and facilitate the sustainable management. In this work, some concepts linked to adaptation of tropical forests to climate change and the role of sustainable management are revised to discuss how research may favor the generation of information and results. Comments and analysis presented in this work may help for the design and implementation of research policies for Venezuelan natural forests.

**Key words:** adaptation, climate change, ecosystem services, policies, research, Venezuela.

## 1. Introducción

A pesar de que los bosques tropicales cubren cerca de un 10% de la superficie terrestre (Lewis, 2006), constituyen ecosistemas con una alta diversidad biológica y almacenan, comparativamente, la mayor cantidad de carbono alcanzando en promedio entre 300 y 600 Mg/ha, valores muy superiores a otros bosques en el mundo (Brown, 1997; Malhi *et al.*, 1999). No obstante, estos ecosistemas tienen una doble funcionalidad en términos del ciclo del carbono. Por un lado, actúan, dependiendo de numerosos factores ecológicos y climáticos, como importantes sumideros, capturando, según recientes estimaciones, cerca del 15% de las emisiones antrópicas de carbono a escala global (Trummer *et al.*, 2009). En segundo lugar, cerca de 1,6 billones de toneladas de carbono son emitidas a partir de la deforestación de casi 13 millones de ha anuales en los trópicos, añadiendo a la atmósfera una cantidad de carbono equivalente a casi 15-20% del total de las emisiones globales (IPCC, 2007; Kanninen, 2010). Su papel en el ciclo global del carbono es, evidentemente, de gran significancia.

Dada la importancia creciente del cambio climático como uno de los mayores desafíos enfrentados por la sociedad global, gran atención ha recaído sobre los bosques tropicales y cómo garantizar su conservación y manejo sostenible (Stern, 2006; IPCC, 2007). Sin embargo, se ha privilegiado una atención, a veces considerada como desproporcionada (Guariguata *et al.*, 2008; Locatelli *et al.*, 2008) sobre los aspectos de mitigación. Esto es, la reducción de la acumulación de gases de efecto invernadero a través de la protección de los sumideros o la reducción de la deforestación y la degradación de los bosques. Una de las principales consecuencias de este enfoque, desde el punto de vista de la adopción de políticas, es que aspectos relacionados con la adaptación, tales como reducir la vulnerabilidad de los bosques naturales al cambio climático mejorando su capacidad adaptativa y facilitando el mantenimiento de la generación de servicios ecosistémicos de vital importancia para la sociedad, han sido usualmente poco considerados (Locatelli, 2010).

El objetivo principal de este trabajo es revisar los conceptos básicos de *adaptación* en el contexto de los bosques tropicales y su relación con la gente para, en segundo lugar, discutir cómo algunas

actividades de manejo forestal pueden contribuir a aumentar la resiliencia de los bosques y favorecer su adaptación al cambio climático. Aunque se hará una mención aislada a aspectos como la reforestación y forestación (bosques plantados), es necesario mencionar que el núcleo de esta nota está referido a los bosques naturales. Finalmente, se mencionan algunos elementos relacionados con una posible estrategia de investigación de carácter interdisciplinario que posibilite mejorar nuestra comprensión sobre la compleja relación entre los bosques tropicales y el cambio climático.

## 2. Efectos del cambio climático en los bosques tropicales

De acuerdo al más reciente reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007), las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) originadas a partir de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004. La consecuencia inmediata ha sido un aumento progresivo en la temperatura media global con proyecciones que indican un incremento entre 1,5 y 2,5 °C (0,2°C por década) para el año 2050 (Locatelli *et al.*, 2008). Para los bosques tropicales, por ejemplo, se ha reportado en la región amazónica un aumento de 0,25°C por década en los últimos 30 años (Malhi *et al.*, 2008).

En el contexto de los bosques tropicales, los principales efectos del cambio climático se observan a diferentes escalas espaciales y temporales. Por un lado, además del incremento en la temperatura, se reportan modificaciones en los patrones de precipitación especialmente durante la época seca (Malhi *et al.*, 2008), aumento del riesgo de sequías prolongadas (Allen *et al.*, 2010), modificaciones generales en los ciclos biogeoquímicos (Locatelli *et al.*, 2008), aumento del riesgo de incendios (Nepstad *et al.*, 2004), entre otros. En segundo lugar, varios de los efectos anteriormente mencionados ocasionan daños a otros procesos ecológicos relacionados con la estructura, composición florística y fenología (Fischlin *et al.*, 2009). En este sentido, el monitoreo a largo plazo de bosques tropicales en diversas localidades ha mostrado cambios importantes en la composición, estructura y dinámica de estos ecosistemas en los últimos años, atribuidos

al cambio climático como lo muestran los trabajos de Phillips *et al.* (2008) y Laurance *et al.* (2009).

### 3. El concepto de adaptación y su aplicación en los trópicos

A pesar de la preocupación internacional por atender el problema del cambio climático dirigida fundamentalmente a reducir las emisiones de GEI en los próximos años, la característica inercial del sistema climático, social y político demuestra que los esfuerzos de mitigación deben ir acompañados de estrategias de adaptación que permitan a las poblaciones más vulnerables enfrentar los efectos actuales y futuros del cambio climático (Mastrandrea *et al.*, 2010). En el caso de los bosques, la relación con la adaptación es doble: por un lado, éstos, junto con las comunidades que dependen de los bosques deben adaptarse al cambio climático. En segundo lugar, los bosques contribuirán, a su vez, con la adaptación de la sociedad a los efectos del cambio climático (Locatelli, 2010).

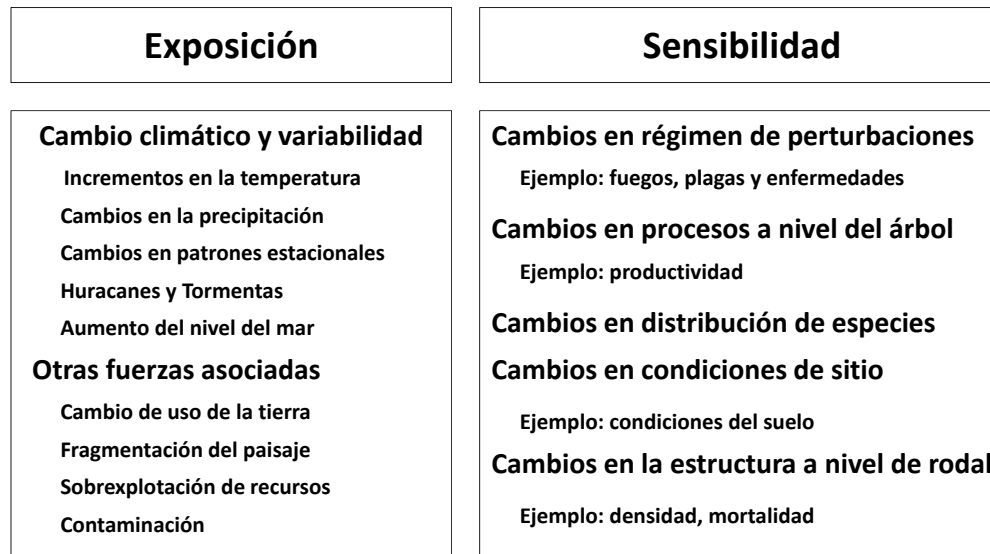
En general, los grupos sociales menos favorecidos habitan en países en desarrollo con grandes extensiones de bosques tropicales y dependen, en gran medida, de los diferentes servicios generados en estos ecosistemas. Cerca de 70 millones de personas, en su mayoría de etnias indígenas, habitan en áreas remotas en muchas zonas forestales del trópico y alrededor de 730 millones de personas en áreas rurales viven dentro o cerca de zonas boscosas con diferentes grados de conservación y dependen de los bosques para la generación de alimentos, leña, madera y muchos otros servicios (Chomitz, 2007). Indudablemente, mantener o incrementar la capacidad adaptativa de los bosques para garantizar un flujo continuo de estos servicios es crucial para el desarrollo y bienestar social.

Existen varias definiciones para el concepto de *adaptación*. De hecho, aunque su aplicación es relativamente nueva en el debate del cambio climático, ha sido utilizado en otras áreas como ecología y manejo de riesgos (Smit y Wandel, 2006). Una visión general es aportada por Romero (2005), quien define la adaptación como el conjunto de todas aquellas acciones de ajuste en los sistemas naturales y humanos en respuesta a estímulos climáticos actuales o futuros incluyendo sus efectos, permitiendo moderar aquellos negativos

o aprovechar los positivos. Esto incluye modificaciones en el comportamiento social o en la estructura económica que permitan reducir la vulnerabilidad de la sociedad a cambios en el sistema climático (Smit y Wandel, 2006). En el caso de los bosques tropicales, la adaptación a los efectos actuales o potenciales del cambio climático es una función de la exposición y sensibilidad (Locatelli *et al.*, 2008). En el primer caso, la exposición se refiere a todas aquellas fuerzas y/o presiones que actúan sobre los bosques potenciando los efectos del cambio climático. Estas fuerzas pueden provenir tanto de variables climáticas (e.g déficit o exceso de precipitación; contaminación atmosférica) como de otro tipo (cambio de uso de la tierra; fragmentación y deforestación). La sensibilidad expresa el grado de cambio, positivo o negativo, del sistema en cuestión (bosque tropical) frente al cambio climático. La figura 1 ilustra ejemplos de ambos elementos.

La selección de una determinada estrategia de adaptación para los bosques tropicales y para el conjunto de grupos y actores asociados a éstos depende de muchos factores de tipo económico, ecológico, político y de índole social. En el caso de los bosques tropicales (y otros ecosistemas forestales también), lo que la sociedad defina como interés prioritario es, probablemente, lo que al final determinará el enfoque y objetivo de la adaptación (Locatelli *et al.*, 2008). Conservar un determinado grupo amenazado de especies, favorecer el mantenimiento de un servicio ecosistémico particular como la regulación hidrológica u otro tipo de objetivo, representan decisiones dominadas por la percepción general de la sociedad.

En todo caso, cualquiera sea la estrategia de adaptación escogida, un variado conjunto de decisiones debe formularse y aplicarse a diferentes escalas, desde el paisaje en un nivel superior hasta la escala local (unidad de manejo, finca, parche de bosque) (Neil *et al.*, 2005). En buena medida, el éxito de una estrategia de adaptación recae en un adecuado análisis a *escala local* de factores como el conocimiento tradicional de las comunidades asociadas a los bosques, el fortalecimiento de la gobernabilidad local y las interrelaciones con opciones y/o acciones complementarias de mitigación (Romero, 2005; Locatelli *et al.*, 2008). En la figura 2 se muestra un conjunto de acciones orientadas a la adaptación en los bosques tropicales. Nótese que



**Figura 1.** Componentes de la exposición y la sensibilidad al cambio climático en los ecosistemas forestales.

Fuente: adaptado de Locatelli *et al.* (2008).

estas medidas pueden aplicarse tanto a sistemas naturales como a casos de plantaciones forestales. Allí se resaltan aquellas que directa o indirectamente se relacionan con el concepto de manejo forestal sostenible en bosques naturales que es discutido a continuación.

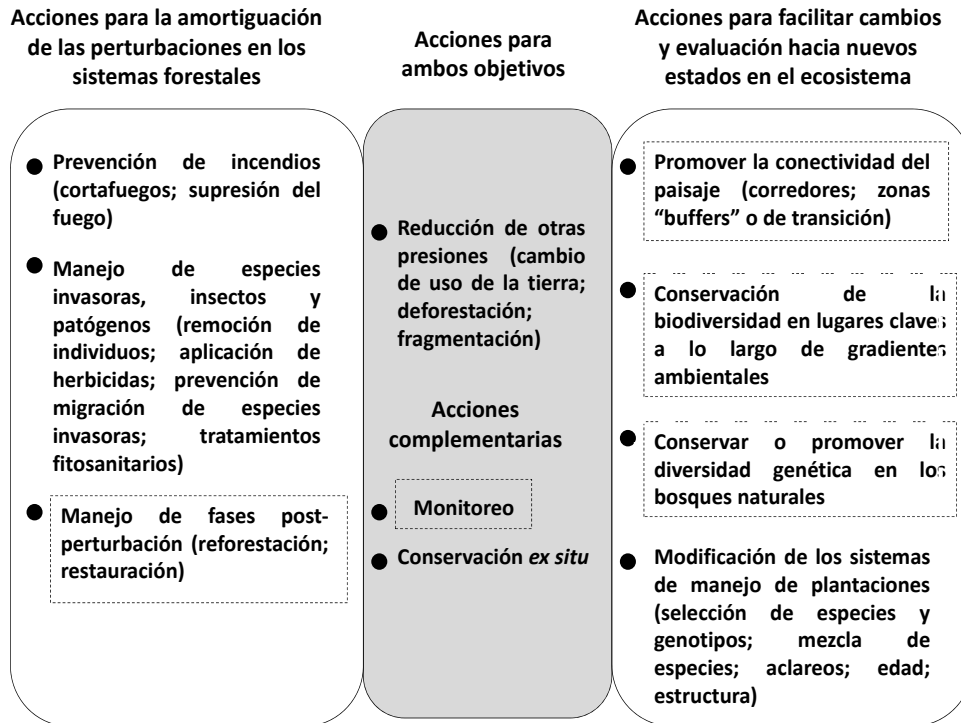
### 3.1 El Manejo Forestal Sostenible y la adaptación

El crecimiento de la superficie de bosques tropicales destinados a actividades de manejo forestal, principalmente para la producción de madera, revela la importancia de estos ecosistemas en muchas economías nacionales e incluso locales. No obstante, en la práctica, aunque se reconocen recientes esfuerzos por mejorar la ordenación forestal, la realidad indica que este progreso dista de ser satisfactorio. En el año 2006, de un total de 350 millones de ha destinadas a la producción de madera, aproximadamente un 7% se consideraban manejadas en forma sostenible (ITTO, 2006). Como se ve en la figura 2, junto con el agresivo avance de la frontera agrícola, la deforestación, la tala ilegal y el aprovechamiento no sostenible de maderas constituyen fuerzas y presiones que contribuyen a acentuar los efectos del cambio climático.

En gran medida, razones como el cambio climático y la generación, en los bosques tropicales, de servicios ecosistémicos vitales para la sociedad

han permitido que el concepto de manejo sostenible haya sido ampliado en función de la gran variedad de beneficios obtenidos en estos ecosistemas. No obstante, a pesar de que existen algunos avances en la materia, la concepción múltiple en el manejo de los bosques aún debe trascender de la teoría hacia la implementación práctica (García-Fernández *et al.*, 2008; Guariguata *et al.*, 2009). Se cree que a través de este tipo de enfoques de manejo múltiple y a escala de ecosistemas, los problemas del manejo forestal en un escenario de cambio climático pueden ser mejor atendidos (Sayer y Maginnis, 2005).

Entonces, es necesario que continúen consolidándose los esfuerzos que tradicionalmente se han promovido para fortalecer el manejo de los bosques permitiendo atender al mismo tiempo varios objetivos: aumentar el grado de sostenibilidad, fortalecer la capacidad adaptativa de los bosques y contribuir con la adaptación de los grupos sociales que dependen de éstos. En el caso del manejo tropical son varias las actividades que, en el contexto de la adaptación, pueden ser implementadas. Algunas opciones están ligadas a favorecer la capacidad adaptativa de las especies a través de la reducción del impacto del aprovechamiento forestal en bosques naturales o mejorar los procesos de selección en proyectos de plantaciones ante condiciones esperadas del clima (Guariguata *et al.*, 2008). Por supuesto, medidas de carácter institucional y político



**Figura 2.** Ejemplos de medidas y/o acciones relacionadas con la adaptación en los ecosistemas forestales tropicales. Se destacan en línea punteada algunas vinculadas al punto siguiente del manejo forestal sostenible. Fuente: Adaptado de Locatelli (2010).

deben, indudablemente, ser parte integral de la estrategia (Locatelli *et al.*, 2008).

#### 4. Implicaciones para la investigación

El manejo de los bosques tropicales y el debate sobre el futuro de la biodiversidad contenida en este tipo de ambientes intervenidos y otros paisajes modificados por el hombre han estado casi siempre basados en un importante vacío de información sobre muchos aspectos de los ecosistemas (Chazdon *et al.*, 2009). Asimismo, más allá de los aspectos ecológicos y biofísicos, la falta de información que ha caracterizado el manejo forestal tropical tiene que ver con la compleja relación entre la gente y los bosques y con la contribución de los servicios ecosistémicos al bienestar social. Adicionalmente, si entendemos que estamos frente a una época de cambios drásticos desde el punto de vista político, social, económico y, por supuesto, de tipo climático, es necesario incrementar nuestro conocimiento sobre los posibles mecanismos de adaptación de los bosques y la gente.

Un aspecto clave de cualquier estrategia de investigación, especialmente en casos como el manejo de los bosques tropicales y los objetivos de adaptación al cambio climático, requiere la aplicación de mecanismos eficientes que permitan conducir la investigación hacia resultados que sirvan en la toma de decisiones y diseño de políticas. La mayoría de los aspectos involucrados en este tipo de investigación es demasiado compleja, por lo cual el abordaje de elementos de carácter ambiental, socioeconómico e institucional requiere indudablemente de enfoques interdisciplinarios (Guldin *et al.*, 2005). Por ejemplo, la obtención de información sobre los servicios ecosistémicos puede fortalecer una variedad importante de procesos políticos y toma de decisiones relacionadas con múltiples campos de la sociedad, incluyendo el manejo forestal tropical. Lamentablemente, un análisis a escala global ha demostrado que la información científica ha tenido una muy limitada influencia sobre las decisiones políticas (Guldin *et al.*, 2005).

Para cumplir con todos los elementos discutidos en este trabajo, se propone la adopción del En-

foque Ecosistémico (EE) como base fundamental para mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento de los bosques tropicales y responder por ejemplo cómo las actividades de manejo impactan los procesos ecosistémicos y cómo la gente interactúa a través de la obtención de servicios vitales para su bienestar. Adoptado como guía principal en la convención internacional sobre diversidad biológica en 1992, el EE es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, de manera tal que se favorezca la conservación y el uso sostenible equitativo (CDB, 1999). Los doce (12) principios que conforman este concepto pueden servir como elementos conectores hacia una estrategia de investigación interdisciplinaria. En Vilanova *et al.* (2008) se muestra un ejemplo de aplicación de este concepto en Venezuela. Con base en las grandes áreas de investigación discutidas en Chazdon *et al.* (2009) y en las necesidades de información para el manejo forestal sostenible mencionadas en Szaro *et al.* (2005). A continuación se mencionan algunas ideas y acciones de investigación interdisciplinaria que faciliten los objetivos de adaptación que han sido discutidos aquí:

a) Estado de la biodiversidad y ecología de paisajes: a medida que el interés por la conservación de los bosques tropicales como áreas de gran diversidad biológica y mecanismos para la adaptación al cambio climático va en aumento, la evaluación de estos ecosistemas se hace más compleja. Se hace necesario incluir la valoración de aspectos de biología de poblaciones, especialmente de especies sujetas a fuertes intervenciones selectivas. Aquí, analizar elementos como las estrategias de dispersión y regeneración es fundamental. Igualmente, mantener un adecuado programa de monitoreo a largo plazo es esencial para la obtención de información que permita “adaptar” continuamente las condiciones del manejo.

Asimismo, en un escenario de manejo forestal múltiple es necesario revisar y mejorar los tradicionales enfoques de inventarios para facilitar la obtención de información. En este sentido, en lo que probablemente sea el caso más “simple” de manejo combinado entre la producción de madera y la generación de productos forestales no maderables (Pfnm), debe tomarse en cuenta que la eficiencia en imple-

mentar inventarios integrados va a depender, en gran medida, del grado de semejanza biológica entre ambos tipos de productos (Guariguata *et al.*, 2009). En cualquier caso, la sinergia entre el uso forestal bajo condiciones de manejo y otros elementos del paisaje como la protección de cuencas, corredores biológicos o zonas de amortiguación e inclusive áreas de asentamientos humanos debe ser considerada. De esta forma, la integración de una investigación a diferentes escalas contribuirá con información relevante para, por un lado, diseñar estrategias de adaptación para los bosques y, por el otro, incluir los bosques como mecanismos de adaptación (Locatelli *et al.*, 2008).

b) Interacciones entre los bosques y la gente: una de las bases principales de esta estrategia se apoya fundamentalmente en los servicios ecosistémicos y en su diagnóstico para tratar de responder, entre otras, las siguientes interrogantes: cómo las alteraciones antrópicas sobre los ecosistemas afectan su capacidad de generar servicios y cómo cambios claves en ellos pueden modificar el comportamiento humano. En gran medida, se busca cambiar la imagen tradicional del manejo forestal ya que muchas veces se ha subestimado su capacidad para mantener la biodiversidad y otros servicios afectando negativamente la percepción general de esta actividad y su posterior implementación en el terreno.

En este sentido, conviene, desde el punto de vista de una estrategia de investigación sobre la adaptación, aplicar y/o desarrollar nuevas herramientas metodológicas que permitan entender temas como: relaciones entre los servicios ecosistémicos y la gente, percepción social y prioridades de conservación, impacto económico y social de actividades de conservación orientadas a la adaptación al cambio climático (manejo forestal sostenible; mejores prácticas agrícolas; agroforestería; ecoturismo, etc.), entre otros. Este tema es, probablemente, la razón fundamental que ha llevado a muchos investigadores a la definición de conceptos como “socio-ecosistemas” o “sistemas socio-ecológicos”, entre ellos Holling (2001). Indudablemente, el aporte de las ciencias sociales es fundamental. La revisión de la “*Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*” (MEA, 2005) ofrece una interesan-

te ventana de información metodológica para la evaluación de este tipo de áreas.

- c) Restauración de bosques tropicales: la recuperación de áreas que han sido degradadas o destruidas ha cobrado especial interés en las últimas décadas fundamentalmente debido a la necesidad de desarrollar opciones viables de conservación y a la generación de servicios ecosistémicos, que se discute en el punto anterior. En el caso de los bosques tropicales con alto grado de degradación, comprender las causas y fuerzas que llevan a esta situación es un aspecto importante para el posterior diseño de estrategias de restauración. Por tanto, temas como la evaluación de la relación costo-beneficio, el impacto de determinadas opciones de restauración y el análisis a escala de paisajes de las estructuras de gobernanza que favorecen la formulación de políticas constituyen áreas que merecen atención. En un escenario de restauración, también es necesario pensar en la investigación ecológica a largo plazo que permita comprender el comportamiento de especies, grupos de especies, comunidades y ecosistemas frente a los efectos del cambio climático. En todo caso, las opciones presentadas no deben ser vistas como áreas individuales sino que, por el contrario, deben ser incluidas en una estrategia amplia y concertada de investigación a diferentes escalas que permita obtener información sobre ecosistemas tan complejos como los bosques tropicales.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Los efectos presentes y futuros del cambio climático representan lo que podría considerarse como el mayor desafío que haya tenido que enfrentar la sociedad global. Dada la gran relevancia de los bosques tropicales y su papel fundamental como mecanismos vitales para la adaptación y la conservación de la diversidad biológica, nuestro conocimiento sobre estos ecosistemas aún permanece en un nivel de avance extremadamente bajo. La investigación individual y basada en temas muy específicos ha limitado la obtención de mejores respuestas sobre el comportamiento de los bosques tropicales ante la intervención antrópica. En este sentido, los elementos presentados en esta nota, además de

mostrar conceptos y análisis sobre la adaptación de los bosques al cambio climático, buscan ofrecer alternativas de investigación que permitan la combinación de múltiples disciplinas en el contexto del manejo sostenible de los bosques tropicales. Los planteamientos esbozados en este trabajo pueden servir para el diseño de políticas de investigación aplicadas a los bosques de Venezuela. Finalmente, aunque fue mencionado en forma muy resumida, es necesario reforzar la relación entre la investigación y la formulación de políticas para que la toma de decisiones relacionada con los bosques tropicales pueda fundamentarse en resultados científicos.

## 6. Referencias bibliográficas

- ALLEN, C. D., A.K., MACALADY, H. CHENCHOUNI, D. BACHELET, N. MCDOWELL, M. VENNETIER y T. KITZBERGER. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259(4): 660-684.
- BROWN, S. 1997. *Estimating biomass change of tropical forests: a primer*. FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy. 235 p.
- CHAZDON, R. L., C.A. HARVEY, O. KOMAR, D.M. GRIFFITH, B.G. FERGUSON, M. MARTÍNEZ RAMOS y H. MORALES. 2009. Beyond Reserves: A Research Agenda for Conserving Biodiversity in Human-modified Tropical Landscapes. *Biotropica* 41(2): 142-153.
- CHOMITZ, K. 2007. *At loggerheads?: agricultural expansion, poverty reduction, and environment in the tropical forests*. World Bank policy research report. Washington DC, USA. 308 p.
- CBD. 1999. *Enfoque por ecosistemas: ulterior elaboración conceptual*. Nota de estudio del Secretario Ejecutivo. Convención sobre Diversidad Biológica (CBD). Montreal, Canadá. 27 p.
- FISCHLIN, A., M. AYRES, D. KARNOSKY, S. KELLOMÄKI, B. LOUMAN, C. ONG, G-K., PALTTNER, H. SANTOSO y I. THOMPSON. 2009. Future environmental impacts and vulnerabilities. In: *Adaptation of Forests and People to Climate Change: A Global Assessment Report*. R. Seppälä, A. Buck y P. Katila (eds.). International Union of Forest Research Organizations (Iufro). Iufro World Series, Vol. 22. Iufro, Helsinki, Finlandia. 53-100 pp.

- GARCÍA FERNÁNDEZ, C., M. RUIZ PÉREZ y S. WUNDER. 2008. Is multiple-use forest management widely implementable in the tropics? *Forest Ecology and Management* 256(7): 1468-1476.
- GUARIGUATA, M. R., C.G. FERNÁNDEZ, R. NASI, D. SHEIL, C.H. JÁUREGUI, P., CRONKLETON, O. NDOYE y V. INGRAM. 2009. *Hacia un manejo múltiple en bosques tropicales: Consideraciones sobre la compatibilidad del manejo de madera y productos forestales no maderables*. Cifor, Bogor, Indonesia. 36 p.
- GUARIGUATA, M. R., J.P. CORNELIUS, B. LOCATELLI, C. FORNER, C. y G. A. SÁNCHEZ AZOFEIFA. 2008. Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 793-808.
- GULDIN, R., J. PARROTA y E. HELLSTRÖM. 2005. *Working Effectively at the Interface of Forest Science and Forest Policy. Guidance for Scientists and Research Organizations*. International Union of Forest Research Organizations (Iufro). Iufro Occasional, Paper No. 17. Vienna, Austria. 26 p.
- HOLLING, C.S. 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems* 4: 390-405.
- IPCC. 2007. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. International Panel Climate Change (Ippc), Ginebra, Suiza. 104 p.
- ITTO. 2006. Status of Tropical Forest Management 2005. ITTO Technical Series, No 24. International Tropical Timber Organization Yokohama, Japan. 305 p.
- KANNINEN, M. 2010. Harnessing Forests for Climate Change Mitigation through REDD+. In: *Forest and Society: Responding to Global drivers of change*. G. Mery, P. Katila, G. Galloway, R. Alfaro, M. Kanninen, M. Lobovikov y J. Varjo (eds). International Union of Forest Research Organizations (Iufro). Iufro World Series, Volume 25. Vienna, Austria. 43-54 pp.
- LAURANCE, S. G. W., W. LAURANCE, H.E.M. NASCIMENTO, A. ANDRADE, P.M. FEARNESIDE, E.R.G. REBELLO y R. CONDIT. 2009. Long-term variation in Amazon forest dynamics. *Journal of Vegetation Science* 20(2): 323-333.
- LEWIS, S. L. 2006. Tropical forests and the changing earth system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences* 361(1465): 195-210.
- LOCATELLI, B., M. KANNINEN, M. BROCKHAUS, C.J.P. COLFER, D. MURDIYARSO y H. SANTOSO. 2008. *Facing an uncertain future: How forests and people can adapt to climate change*. Forest Perspectives, no. 5. Cifor, Bogor, Indonesia. 97 p.
- LOCATELLI, B. 2010. Forests and Adaptation to Climate Change: Challenges and Opportunities. In: *Forest and Society: Responding to Global drivers of change*. G. Mery, P. Katila, G. Galloway, R. Alfaro, M. Kanninen, M. Lobovikov y J. Varjo (eds). International Union of Forest Research Organizations (Iufro). Iufro World Series, Volume 25. Vienna, Austria. 21-42 pp.
- MALHI, Y., J. T. ROBERTS, R. A. BETTS, T. KILLEEN, W. LI y C. A. NOBRE. 2008. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science* 319(5860): 169-172.
- MALHI, Y., D. BALDOCHI y P.G. JARVIS. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell and Environment* 22: 715-740.
- MASTRANDREA, M. D., N. E. HELLER, T. L. ROOT y S.H. SCHNEIDER. 2010. Bridging the gap: linking climate-impacts research with adaptation planning and management. *Climatic Change* 100(1): 87-101.
- MEA. 2005. *Ecosystems and Human Well Being: Scenarios*. Island Press. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Washington, DC. Washington, DC. USA. 155 p.
- NEIL ADGER, W., N. W. ARNELL y E. L. TOMPKINS. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change Part A* 15(2):77-86.
- NEPSTAD, D., P. LEFEBVRE, U. LOPES DA SILVA, J. TOMASELLA, P. SCHLESINGER, L. SOLORZANO y P. MOUTINHO. 2004. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology* 10(5): 704-717.
- PHILLIPS, O. L., S. L. LEWIS, T.R. BAKER, K. CHAO y N. HIGUCHI. 2008. The changing Amazon forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1498): 1819-1827.
- ROMERO, J. 2005. Adaptation to climate change: Findings from the IPCC TAR. In: *Tropical forests and adaptation to climate change. In search of synergies*. C. Robledo, M. Kanninen y L. Pedroni (eds.). Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. 5-15 pp.
- SAYER, J. y S. MAGINNIS. 2005. New Challenges for Forest Management. In: *Forests in Landscapes: ecosystem approaches to sustainability*. J. Sayer y S. Maginnis (eds.). IUCN- The World conservation Union. The Earthscan Library, London, United Kingdom. 1-17 pp.
- SMIT, B. y J. WANDEL. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16(3): 282-292.



- SZARO, R., P. ANGELSTAM y D. SHEIL. 2005. Information Needs for Ecosystem Forestry. In: *Forests in Landscapes: ecosystem approaches to sustainability*. J. Sayer y S. Maginnis (eds.) IUCN-The World conservation Union. The Earthscan Library, London, United Kingdom. 31-47 pp.
- STERN, N. 2006. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, United Kingdom. 712 p.
- TRUMPER, K., M. BERTZKY, B. DICKSON, G. VAN DER HEIJDEN, M. JENKINS y P. MANNING. 2009. *¿La solución natural? El papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático*. Una evaluación rápida del Pnuma. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Cambridge, United Kingdom. 39 p.
- VILANOVA, E., A. TORRES LEZAMA y H. RAMIREZ ANGULO. 2008. Propuesta para la creación de un Bosque Modelo en la subcuenca del río Mucujún, Venezuela, utilizando el enfoque de paisajes. *Revista Forestal Venezolana* 52(2): 159-171.