

Mujer silvícola, Camerún.

clima y
deforestación

© joseph zacune

los bosques en un clima cambiante

¿impedirá el cambio climático que los bosques cumplan con su papel de reguladores del clima mundial?

diciembre 2008 | edición 115



**Amigos de
la Tierra
Internacional**



© niko hendri gopen / de walhi / kabur

los bosques en un clima cambiante

¿impedirá el cambio climático que los bosques cumplan con su papel de reguladores del clima mundial?

diciembre 2008 | edición 115

amigos de la tierra internacional es la federación internacional de grupos ecologistas de base más grande del mundo, que reúne 77 organizaciones nacionales diversas como miembros, con unos cinco mil grupos locales de activistas en todos los continentes. Con un total de más de 2 millones de miembros y simpatizantes en todo el mundo, hacemos campañas en torno a los problemas socio-ambientales más urgentes del momento actual. Cuestionamos el modelo dominante de globalización económica comandada por las empresas transnacionales, y promovemos soluciones que contribuyen a generar sociedades ambientalmente sustentables y socialmente justas.

nuestra visión es la de un mundo pacífico y sustentable con sociedades que viven en armonía con la naturaleza. Queremos una sociedad de personas interdependientes que vivan con dignidad y en plenitud, en la que la equidad y la realización de los derechos humanos y los derechos de los pueblos sean una realidad.

Esta será una sociedad construida sobre la base de la soberanía de los pueblos y la participación popular. Una sociedad fundada en la justicia social, ambiental, económica y de género, y libre de todas las formas de dominación y explotación, tales como el neoliberalismo, la globalización empresarial, el neo-colonialismo y el militarismo.

Creemos que el futuro de nuestros/as hijos/as será mejor por lo que hacemos.

amigos de la tierra tiene grupos en: Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bangladesh, Bélgica, Bélgica (flamenca), Bolivia, Brasil, Bulgaria, Camerún, Canadá, Chile, Colombia, Corea Del Sur, Costa Rica, Croacia, Curazao (Antillas), Chipre, Dinamarca, El Salvador, Escocia, Eslovaquia, España, Estados Unidos, Estonia, Filipinas, Finlandia, Francia, Georgia, Ghana, Grenada, Guatemala, Haití, Holanda, Honduras, Hungría, Indonesia, Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte, Irlanda, Italia, Japón, Liberia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Macedonia (Antigua República Yugoslava de), Malasia, Malawi, Malí, Malta, Mauricio, México, Mozambique, Nepal, Nigeria, Noruega, Nueva Zelanda, Palestina, Papúa Nueva Guinea, Paraguay, Perú, Polonia, República Checa, Sierra Leona, Sri Lanka, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Suazilandia, Tanzania, Timor Oriental, Togo, Túnez, Ucrania, Uganda, y Uruguay. (Por favor contacten al Secretariado de ATI o visiten nuestro sitio www.foei.org si desean la información de contacto de los grupos)

Este manual fue redactado por Ronnie Hall (ronniehall@goosemail.com) para Amigos de la Tierra Internacional como una contribución para el debate dentro de Amigos de la Tierra Internacional y la sociedad civil.

agradecimientos Agradecemos a Estebancio Castro Díaz (Coalición Mundial de Bosques - GFC), Simon Counsell (Rainforest Foundation, Reino Unido), Tom Griffiths (Forests Peoples Programme), Jutta Kill (FERN), y a Javier Baltodano, Kate Horner, Stephanie Long, Simone Lovera, Isaac Rojas y Joseph Zacune de Amigos de la Tierra Internacional.

diseño [onehemisphere](http://onehemisphere.se), our@onehemisphere.se

amigos de la tierra
secretariado internacional

P.O. Box 19199
1000 GD Amsterdam
Holanda
Tel: 31 20 622 1369
Fax: 31 20 639 2181
info@foei.org
www.foei.org

índice

los bosques en un clima cambiante

¿impedirá el cambio climático que los bosques cumplan con su papel de reguladores del clima mundial?

diciembre 2008 | edición 115

introducción	4
resumen ejecutivo	5
uno cómo regulan el clima los bosques	8
los bosques y el ciclo del carbono	8
los bosques almacenan carbono en la vegetación	9
árboles jóvenes vs árboles maduros	9
bosques tropicales vs bosques templados y el “sumidero de carbono desaparecido”	10
los bosques almacenan carbono en los suelos del bosque	11
turberas boscosas	11
los incendios forestales y las emisiones de carbono	12
los bosques y el ciclo hidrológico	12
los bosques y el ciclo del nitrógeno	12
dos cómo afecta a los bosques el cambio climático	13
los bosques - ¿dejan de ser sumideros de carbono para ser fuentes de carbono?	13
la fertilización por carbono	13
cambios en la distribución de las especies de árboles	15
cambios en la distribución de las especies de árboles	15
más incendios forestales	17
fenómenos meteorológicos extremos	18
conclusiones	19
glosario	20
referencias	21

introducción

Existe un importante volumen de investigación sobre el papel críticamente importante que desempeñan los bosques en la regulación del clima. Hay además creciente evidencia que indica que el cambio climático probablemente implique impactos negativos importantes sobre los bosques, especialmente con relación a la manera en que éstos interactúan con el ciclo hidrológico y el ciclo del carbono del planeta.

Sin embargo, los trabajos de investigación más recientes parecen estar muy dispersos y acceder a ellos puede resultar muy difícil para las partes interesadas. El presente trabajo reúne información disponible en la actualidad así como investigación pertinente al tema, procurando aportar información y análisis a la discusión sobre la reducción de emisiones de carbono provenientes de la deforestación, en especial en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Este es uno de los dos documentos de Amigos de la Tierra Internacional referentes a los bosques y su nexos con el clima. El otro presenta un análisis de los potenciales impactos de los mecanismos que tienen por objetivo reducir las emisiones derivadas de la deforestación en los países en desarrollo (REDD).

Quemando el bosque para implantar un monocultivo de palma aceitera en Kalimantan Occidental.



resumen ejecutivo

En 2005, se estimaba que los bosques cubrían casi 4 mil millones de hectáreas - aproximadamente el 30% de la superficie terrestre del mundo (FAO, 2005). Además se estima que los bosques albergan entre 50 y 90% del total de las especies del planeta (WRI, 2008); y 1,6 millones de personas dependen en gran medida de ellos para su subsistencia (FAO, 2008). Estas razones alcanzan por sí solas para detener la deforestación.

Sin embargo, estos vastos ecosistemas terrestres están además inextricablemente ligados a los ciclos del carbono, el nitrógeno y el agua en el planeta, que son en sí mismos elementos básicos del sistema de regulación del clima de la Tierra.

Las formas en que se interrelacionan los bosques y el clima son complejas y, a veces, inesperadas. No obstante, estas formas previsiblemente cambien significativamente con el aumento de la temperatura, y es posible que la función reguladora del clima que hoy cumplen los bosques se reduzca significativamente como consecuencia, o incluso desaparezca.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), las tasas netas de deforestación están cayendo. Esta sería una buena noticia si no fuera por el hecho de que estos cálculos incluyen la expansión de las plantaciones de árboles, enmascarando así la información real sobre el destino de los bosques maduros del mundo. Existe además la preocupación de que los datos de la FAO sean inexactos (Grainger, 2008).

De todas formas, las cifras de la FAO siguen mostrando una pérdida neta anual de 7,3 millones de hectáreas de bosques entre 2000 y 2005 (FAO, 2005:3). Por otra parte, se estima que entre 2000 y 2005, la tasa de deforestación de los bosques primarios tropicales en diecisiete países clave creció 25,6% respecto de la del período 1990-2000 (Mongabay, 2008B).

El avance implacable de la deforestación libera enormes cantidades de carbono a la atmósfera, dando cuenta de casi el 18% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico (PICC, 2007, véase también el cuadro que figura a continuación) – superando a todo el sector transporte en su conjunto. En este sentido, se ha observado que *"Frenar la deforestación es una manera altamente rentable de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y tiene la potencialidad de producir reducciones significativas con bastante rapidez"*. (Stern, 2006)

No obstante, debemos recordar que la mayor parte del carbono que absorben los árboles (especialmente los que luego se transforman en madera y papel) finalmente vuelve a la atmósfera. En términos de mitigación del cambio climático, detener la deforestación debería entenderse sólo como una solución transitoria y parcial: es importante, y lo es por muchas razones diferentes, pero no puede sustituir al mantenimiento del carbono atrapado en el subsuelo. Ambos problemas deben ser abordados simultáneamente.

Por otra parte, no es simplemente la cuestión de si *existen* árboles o no: cómo crecen y mueren los árboles es otro elemento de gran importancia en términos de su impacto sobre el clima. Generando un círculo vicioso, los cambios en el clima, incluido el aumento de la temperatura, afectan la velocidad con la cual los árboles y otras plantas realizan la fotosíntesis, transpiran y se descomponen, y por lo tanto, influyen en el flujo global del carbono entre la atmósfera y el suelo.

Las consecuencias pueden tener tal dimensión que pueden causar la acronecrosis (o deterioro progresivo hasta la muerte final) de los bosques. Esto podría ser irreversible, ya que los bosques ayudan a regular el clima local y regional, contribuyendo a generar las precipitaciones y las temperaturas más moderadas a las cuales ellos mismos están adaptados.

Según Investigaciones recientes (detallados más abajo), la transferencia neta de carbono de la atmósfera a las plantas y el suelo en las décadas de 1980 y 1990 fue del orden de 1000 millones de toneladas¹ por año (esto sin tomar en cuenta el carbono adicional liberado a la atmósfera como consecuencia de los cambios en el uso del suelo). En otras palabras, los bosques intactos actúan como sumideros netos de carbono.

Nuevas investigaciones indican que en el corto plazo y con tasas de aumento de la temperatura más bajas (por debajo de 2°C), la capacidad de los bosques para actuar como sumideros de carbono aumenta. Sin embargo, en el largo plazo y con aumentos de temperatura más altas (especialmente por encima de 3°C), los bosques podrían perder esta capacidad críticamente importante de regulación del clima y transformarse en una fuente neta de emisión de carbono.

La mayor capacidad de absorción y almacenamiento de carbono prevista a tasas menores de aumento de la temperatura, se conoce como "fertilización por carbono": se estima que los niveles crecientes de CO₂ atmosférico conducen a un aumento del crecimiento de las plantas. Obviamente, si esto es así o no, resulta crucial a la hora de determinar las maneras de mitigar el cambio climático. Sin embargo, la investigación disponible no arroja resultados concluyentes.

La única conclusión a la que se puede arribar por el momento es que el grado de incertidumbre respecto a la fertilización por carbono aún es tan grande que las estrategias de mitigación del cambio climático no deberían centrarse en este fenómeno. Es necesario investigar más en esta área para determinar si la fertilización con carbono existe realmente, y si es así, cuál podría ser su impacto sobre el cambio climático.

1 Para facilitar la comparación este trabajo utiliza cifras expresadas en miles de millones de toneladas. Sin embargo, cabe aclarar que, las mismas cantidades pueden expresarse como miles de millones de toneladas métricas, una giga tonelada (Gt) o un Petagramo (Pg). 1 tonelada se usa también en lugar de 1 megagramo.

resumen ejecutivo

continuado

Cabe resaltar que la información del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) demuestra que los bosques maduros intactos almacenan cantidades significativamente mayores de carbono que las plantaciones y los bosques que han sido talados (Palm *et al.*, 1999:1). Incluso las estimaciones más conservadoras indican que las plantaciones almacenan sólo un 20% del carbono que almacenan los bosques maduros intactos. Reemplazar los bosques maduros con plantaciones (para la producción de materias primas para la fabricación de agrocombustibles o pulpa, por ejemplo) no es una opción (por más rentable que pueda ser).

Resulta esencial revisar la definición de bosques de FAO para excluir a las plantaciones. La actual definición incluyente permite que se priorice la expansión de las plantaciones por sobre, y a costa de la protección de los bosques maduros, en perjuicio del clima, la biodiversidad y los medios de sustento de los pueblos. Más aún, las propuestas de mitigación tendientes a incrementar la cobertura forestal se deberían centrar en la reforestación comunitaria con especies nativas.

También es importante tener en cuenta las diversas maneras en que los diferentes tipos de bosques – boreal, templado y tropical– interactúan con el clima. En 2001, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (PICC) estimaba que los bosques templados capturaban y almacenaban alrededor de 1,4 a 2 toneladas de carbono/há/año, y que por lo tanto actuaban como sumideros de carbono. Sin embargo, aunque los bosques boreales pueden bien ser sumideros o fuentes de carbono, dependiendo del tipo de bosques en cuestión, los bosques tropicales son fuentes significativas netas de carbono como consecuencia de la deforestación y la degradación de los bosques (PICC, 2001a:5.6.1.1).

Sin embargo, la información en que se sustenta este tipo de evaluaciones ha sido cuestionada recientemente a partir de una investigación sobre el ‘sumidero de carbono desaparecido’. (Este sumidero desaparecido es la diferencia entre los resultados del modelo computarizado y los ensayos prácticos locales sobre la

captura y almacenamiento de carbono en los bosques del Norte.) Esta nueva investigación arroja que aproximadamente el 40% del CO₂ que anteriormente se suponía que era absorbido por los bosques septentrionales, en realidad se absorbe en los trópicos. Los bosques tropicales continúan siendo fuentes de carbono, pero por un margen mucho más estrecho que el que se pensaba previamente. Este nuevo conocimiento vuelve a destacar la importancia de proteger los bosques tropicales remanentes del mundo.

Más aún, los suelos de los bosques también deben ser protegidos. Más de dos tercios del carbono de los ecosistemas de bosques se encuentra en los suelos y los depósitos de turba asociados. Los principales depósitos de carbono se encuentran en los suelos de los bosques en las latitudes altas donde la materia orgánica se descompone más lentamente, y en los bosques que crecen en suelos de turba en los trópicos (en el Sudeste Asiático, por ejemplo), donde la descomposición es inhibida por las condiciones anaeróbicas. Pero ese carbono es liberado cuando los bosques son talados o los suelos de los bosques son perturbados.

Las turberas del mundo cubren tan sólo el 3% de la superficie, pero contienen 550 mil millones de toneladas de carbono en forma de materia orgánica comprimida (esto es el doble de la cantidad contenida en los bosques) (Ramsar, 2008).

Pero estas turberas están siendo destruidas a un ritmo acelerado, especialmente en el Sudeste Asiático donde los bosques están siendo erradicados para introducir plantaciones de palma aceitera. Se estima que sólo este problema da cuenta de un significativo 8% de las emisiones globales de CO₂.

Nuevas investigaciones en China indican también que los bosques maduros pueden almacenar mucho más carbono en sus suelos que lo que se pensaba previamente. Lo que resulta claro es que las pérdidas de carbono de los suelos de los bosques deben ser tomadas en cuenta a la hora de calcular los impactos potenciales de la deforestación sobre el cambio climático. Detener la deforestación en las turberas es una prioridad absoluta. La turba debe mantener la clasificación del PICC como combustible fósil.

Los incendios forestales también van en aumento, tanto en términos de frecuencia como de intensidad, con consecuencias desastrosas para la biodiversidad y para el clima mundial: la quema de materia orgánica libera a la atmósfera grandes cantidades de carbono almacenado. El hecho que el cambio climático también esté contribuyendo a un incremento de los incendios forestales es avalado por recientes investigaciones en EE.UU., que demuestran un repentino incremento en la frecuencia y duración de los incendios a mediados de la década de 1980. Esto fue particularmente notorio en las Montañas Rocosas del Norte, donde el cambio en el uso del suelo evidentemente no fue la causa, y en cuyo caso el incremento de los incendios forestales está asociado al aumento de las temperaturas en la primavera y el verano y al derretimiento prematuro de la nieve durante la primavera.



Tierra desmontada, lista para una plantación de árboles de palma aceitera, Kalimantan Occidental.

© niko hendri garen, de walih kalbar

A medida que los bosques desaparecen, los suelos de los bosques repletos de carbono se ven más expuestos a la luz del sol, provocando su calentamiento, o en el caso del permafrost, su derretimiento. Esto también conduce a mayores tasas de descomposición del suelo y a la liberación de enormes cantidades de carbono a la atmósfera.

Los incendios que arrasaron las zonas rurales de Indonesia en 1997 son un ejemplo vívido de los daños que podrían ocurrir en el futuro. Si bien Indonesia sufre incendios forestales frecuentes, éstos fueron de los peores hasta el momento, afectando no menos del 6% de la superficie total del país, y emitiendo 2.570 millones de toneladas de carbono a la atmósfera – el equivalente al 49% del monto total de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como resultado de la quema de combustibles fósiles ese mismo año. Otros países también han sufrido grandes pérdidas de bosques en las últimas dos décadas como consecuencia de los incendios forestales en la Amazonía Brasileña, China, México y Paraguay, entre otros.

Se debe detener de inmediato la deforestación y las políticas de gestión de bosques que conducen al desecamiento de los bosques. Entre ellas las políticas de manejo de bosques que suprimen los incendios forestales que forman parte del proceso natural de regeneración ecosistémica en algunos bosques. Ello contribuye a la acumulación de desechos leñosos en el suelo de los bosques, que luego pueden alimentar los incendios forestales sumamente calurosos y destructivos (Environment Canada, 2008). Los gobiernos deben financiar y garantizar recursos para una iniciativa global de lucha contra los incendios forestales, para apoyar a aquellos países que no estén en condiciones de prevenir o detener los incendios forestales incontrolables resultantes.

Los bosques son también un factor motriz del régimen de circulación atmosférica y precipitaciones. Más importante aún, los bosques contribuyen a transportar el agua desde el suelo hasta la atmósfera, a través de los árboles, mediante un proceso que se conoce como evapotranspiración: eso contribuye a la formación de las nubes y las precipitaciones. La vegetación de los bosques también emite isoprenos que actúan como núcleos de condensación, ayudando asimismo a la formación de nubes y gotas de lluvia.

Es incierto aún en qué medida habrá seguramente de afectar el cambio climático a las tasas de evapotranspiración (aunque al menos se predice que el cambio climático conducirá a una 'intensificación' del ciclo hidrológico global). Las temperaturas más altas y los vientos más fuertes podrían incrementar las tasas de transpiración, pero los niveles mayores de CO₂ y los suelos más secos podrían tener el efecto opuesto.

Podemos concluir al menos que la destrucción de los bosques seguramente provocará cambios significativos en las condiciones del tiempo y el clima, tanto a nivel regional como mundial; y por ende, en los ecosistemas y la producción de alimentos. Existen por lo tanto múltiples razones para proteger los bosques; y un argumento de peso para mejorar significativamente la colaboración efectiva entre los diversos

foros intergubernamentales, las organizaciones de la sociedad civil y las comunidades dependientes del bosque que están trabajando en los temas del clima, los bosques y la biodiversidad, la pobreza y hambre, o que sufren sus impactos.

Los bosques juegan también un papel importante en el ciclo del nitrógeno del mundo, ayudando a fijar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en nitratos que son transformados en aminoácidos y proteínas, que son los elementos constitutivos de la vida. Sin embargo, el exceso de nitrógeno como consecuencia de las aplicaciones de fertilizantes, o de la contaminación de las industrias, el transporte y la agricultura, puede estimular la respiración del suelo en los bosques tropicales, conduciendo a incrementos significativos de las emisiones de carbono. Los impactos de la contaminación del nitrógeno sobre los bosques deben incluirse en los análisis que sustentan el desarrollo de medidas de mitigación del cambio climático. Se debe poner fin al uso de fertilizantes en el manejo de los bosques.

La distribución de los ecosistemas de bosques y las especies arbóreas seguramente se verá seriamente afectada por los cambios en la temperatura y la concentración de CO₂, así como por los cambios en las precipitaciones, las estaciones de crecimiento y los ciclos de hielo y deshielo. Las estimaciones sugieren que entre una séptima parte y dos tercios de los bosques templados y boreales del mundo, por ejemplo, podrían sufrir algún tipo de cambio a mediados de siglo. Las investigaciones indican además, que los impactos más severos y tempranos del cambio climático seguramente ocurrirán en los bosques boreales debido a los cambios en los patrones de deshielo estacionales, las estaciones de crecimiento más prolongadas, y un crecimiento reducido de los árboles que sufrirán estrés por la sequía en verano. (Sin embargo, si las temperaturas aumentaran más de 3°C en el transcurso del presente siglo, los bosques boreales correrán mayores riesgos de sufrir acronecrosis y trastornos, principalmente como consecuencia de los incendios forestales).

En conjunto, se predice un alto riesgo de pérdida de bosques en Eurasia, el este de China, Canadá, América Central y la Amazonia; y se prevé que los bosques se desplacen hacia el Ártico y las sabanas semiáridas. Pero si las temperaturas aumentaran más de 3°C, se prevé que las áreas afectadas sean significativamente mayores.

Como resultado del cambio climático, los ecosistemas seguramente sufrirán daños significativos y crecientes a raíz de los regímenes cambiantes de incidencia de los agentes patógenos, insectos y plagas; y estos brotes podrían trasladarse también hacia los Polos. Sin embargo, las interacciones ecológicas son complejas y difíciles de evaluar.

Se considera que los eventos meteorológicos extremos que incluyen huracanes, tornados, sequías o lluvias torrenciales inesperadas, e inundaciones, heladas y tormentas de nieve repentinas también están aumentando en frecuencia e intensidad como consecuencia del cambio climático, y que seguramente tendrán impactos significativos en los bosques.

uno cómo regulan el clima los bosques

cómo regulan el clima los bosques

los bosques y el ciclo del carbono

El efecto invernadero es un fenómeno natural. El calentamiento o "manta térmica" que generan los gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono y el vapor de agua, permite el desarrollo de la vida en la Tierra. Sin embargo, las emisiones adicionales de gases de efecto invernadero causados por la actividad humana (conocidas como emisiones antropogénicas) han aumentado las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero en alrededor de un 35% desde la época preindustrial (PICC, 2007b). Como consecuencia, una mayor cantidad del calor reflejado por el sol queda atrapado en la atmósfera, aumentando el efecto de calentamiento y generando como resultado el cambio climático.

El ciclo global del carbono en el planeta es un componente clave del efecto invernadero e involucra la emisión natural, la absorción y el almacenamiento de enormes cantidades de carbono. Se estima que cada año el intercambio de carbono entre la tierra, los océanos y la atmósfera asciende a unos 200.000 millones de toneladas² (PICC, 2007b: Figura 7.3). El carbono se puede almacenar de diversas maneras, entre ellas, como carbón mineral y petróleo, en los océanos y en la materia orgánica de las plantas.

Al realizar la fotosíntesis y cuando crecen, los árboles y otras plantas convierten el dióxido de carbono en carbono. El carbono se almacena como biomasa en el árbol, y el oxígeno se libera de nuevo a la atmósfera. Parte de este carbono se transfiere a la tierra ya sea a través de las raíces, o cuando caen las hojas, o cuando los árboles mueren y se descomponen. De esta manera, el carbono se almacena en los árboles

y también en los suelos debajo de los bosques. Pero, tal como lo explica el Woods Hole Research Center: "Si el total de la fotosíntesis y respiración en el planeta no son equivalentes, el carbono o bien se acumula en la tierra o bien se libera en la atmósfera". (WHRC, 2008) Actualmente la vegetación y el suelo del mundo capturan y almacenan 2,3 billones de toneladas de carbono. (PICC, 2007b: Figura 7.3).

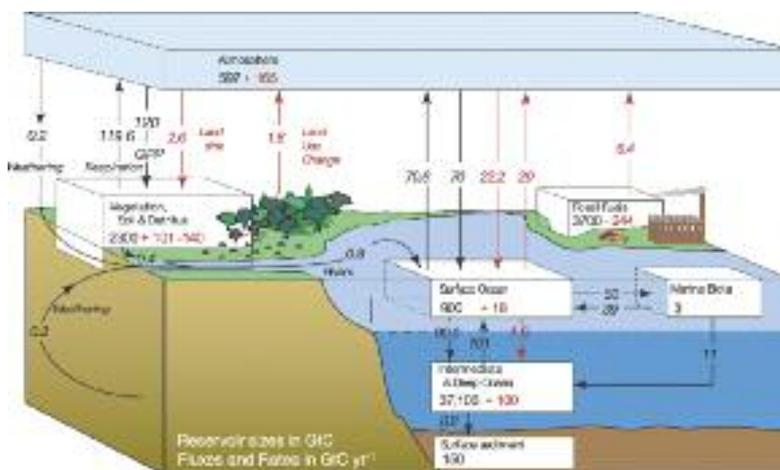
Según investigaciones recientes, en las décadas de 1980 y 1990 se produjo una transferencia neta de carbono, de la atmósfera a las plantas y el suelo, del orden de 1.000 millones de toneladas por año (esto sin tomar en cuenta el carbono adicional liberado por los cambios en el uso del suelo). En otras palabras, la vegetación del planeta, incluidos los bosques, está actuando como sumidero neto de carbono (Scholze *et al.*, 2006). Las cifras más recientes del PICC reducen ligeramente la cantidad a 600 millones de toneladas para la década de 1990 (PICC, 2007b: Figura 7.3).

No obstante, el ciclo general del carbono conduce hoy a la liberación de carbono en la atmósfera. Esto se origina básicamente en la extracción del carbono subterráneo (en la forma de carbón, petróleo y gas) y el cambio en los usos del suelo (que incluye la deforestación). El carbono que es liberado a la atmósfera supera el carbono que absorben los bosques y los océanos del mundo, tal como se ve en el diagrama a continuación.

Se estima que la vegetación y los suelos almacenan unos 2,3 billones de toneladas de carbono (PICC, 2007b: Figura 7.3), de los cuales en el pasado la vegetación y los suelos de los bosques representaban aproximadamente 1,146 billones (Dixon *et al.*, 1994).

FIGURA 1

CICLO GLOBAL DEL CARBONO
(MILES DE MILLONES DE TONELADAS MÉTRICAS DE CARBONO)



Fuente: PICC, 2007b: Figura 7.3.

2 Este cambio en las concentraciones de carbono, debido a las emisiones y la absorción, se denomina flujo del carbono. Los emisores netos de carbono se conocen como fuentes netas y los almacenadores netos de carbono como sumideros de carbono.

Debido a la deforestación extensiva, producto del desmonte de tierras para fines agrícolas y de la tala en busca de leña, madera y pulpa y papel, la contribución del sector “cambio del uso del suelo y silvicultura” (LUCF por sus siglas en inglés) a las emisiones de CO₂ en el mundo se estima en el 24% del total de emisiones de CO₂, y el 18% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (aunque cabe agregar que los cálculos del sector tienen un margen de incertidumbre) (WRI, 2005).

Por cierto, los informes del PICC colocan al sector forestal como la tercera mayor fuente antropogénica de gases de efecto invernadero en 2004, detrás del consumo de energía y la industria:

TABLA 1

CONTRIBUCIÓN A LAS EMISIONES ANтропоGÉNICAS

SECTOR	CONTRIBUCIÓN A LAS EMISIONES ANтропоGÉNICAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN 2004 EN TÉRMINOS DE CO ₂ -EQUIVALENTE
Suministro de energía	25.9%
Industria	19.4%
Sector forestal	17.4%
Agricultura	13.5%
Transporte	13.1%
Edificios residenciales y comerciales	7.9%
Desechos y aguas residuales	2.8%

Fuente: (PICC, 2007:5).

Entre los principales países responsables de las emisiones provenientes de LUCF se encuentran Indonesia (34%), Brasil (18%), Malasia, Myanmar y la República Democrática del Congo. Si se considera como un solo grupo a los países en desarrollo, las emisiones de CO₂ de LUCF constituyen una tercera parte del total de las emisiones del grupo (WRI, 2005).

Los países industrializados, incluidos la UE y EE.UU., tienen emisiones LUCF negativas, pero esto se debe fundamentalmente a que sus bosques ya fueron talados y debido a su rebrote actual (WRI, 2005). Los bosques templados son considerados en la actualidad como sumideros netos de carbono (PICC, 2001a: 5.6.1.1).

La situación es menos clara en el caso de los bosques boreales (taiga). Algunos son fuentes netas de carbono y otros sumideros netos de carbono: depende de los diferentes tipos de bosques. En los trópicos, sin embargo, el PICC indica que los bosques siguen siendo una fuente neta de carbono, debido al cambio en el uso del suelo (PICC, 2001a: 5.6.1.1).

los bosques almacenan carbono en la vegetación

La vegetación de los bosques puede contener hasta 300 toneladas de carbono por hectárea (Palm *et al.*, 1999). La vegetación en los bosques tropicales contiene el 60% del total de carbono que alberga la vegetación de los bosques (PICC, 2001a: 5.6.1.1).

"De los aproximadamente 8 mil millones de toneladas de carbono emitidas cada año, alrededor del 40 por ciento se acumula en la atmósfera y cerca del 30 por ciento es absorbida por los océanos. Los científicos creen que los ecosistemas terrestres, especialmente los árboles, absorben el resto" (NSF, 2007).

Las tasas de flujo del carbono cambian en función de los patrones de uso del suelo, el tipo de vegetación despejada, el destino de esa vegetación, y lo que se pone en su lugar. También varía la velocidad a la cual absorben el CO₂ los diferentes bosques, o los diferentes tipos de bosques. Estas variaciones son claves para comprender el nexo entre los bosques y el clima y para desarrollar políticas efectivas de mitigación del cambio climático y protección de los bosques y la biodiversidad (ANU E Press, 2008).

Sin embargo, la mayor parte del carbono absorbido por los árboles finalmente es devuelto a la atmósfera. Esto ocurre cuando los árboles mueren y se descomponen, y cuando los productos de la madera se incineran o se les deja descomponer. Si estos productos se pudren en vertederos, liberan el carbono en forma de metano, un gas de efecto invernadero cuyo efecto es considerablemente más potente que el del dióxido de carbono. La reutilización y el reciclaje prolongan la vida de la madera y el papel, y de esta forma pueden demorar que el carbono vuelva a ser liberado a la atmósfera.

árboles jóvenes vs árboles maduros ¿Cuáles son los árboles que absorben el carbono más rápido, los maduros o los jóvenes? La respuesta a esta pregunta es fundamental: puede influir para que los gobiernos opten por proteger los bosques o los sigan talando y los sustituyan por plantaciones.

La Federación de Industrias Forestales Finlandesa ha sostenido que: *"Los bosques pueden poner un alto efectivo al calentamiento del clima, ya que los árboles se alimentan con dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero. Los árboles más hambrientos de todos son los bosques jóvenes en etapa de crecimiento... El tipo de bosque necesario para controlar el efecto invernadero es diferente del que se necesita para fomentar la diversidad biológica, de hecho, cuanto más rápido crecen los retoños mejor ... En términos de control de los gases de efecto invernadero, deberíamos regenerar los bosques y utilizar más madera como materia prima"*. (FFIF, 1995)

No obstante, si bien es cierto que los árboles jóvenes crecen y absorben el dióxido de carbono más rápidamente que los árboles maduros, esto no compensa que los reservorios de carbono de las plantaciones de árboles más jóvenes son más pequeños (ANU E Press, 2008). Aunque los árboles maduros absorban el dióxido de carbono más lentamente, tienen ya incorporado un almacenamiento de carbono más grande en su biomasa.

Por otra parte, son capaces de vivir cientos e incluso miles de años (GD, 2008). Por cierto que en algún momento mueren y se pudren, liberando el carbono almacenado nuevamente a la atmósfera, pero en un bosque intacto serán sustituidos por un nuevo crecimiento, y la liberación y absorción de carbono se mantendrán en equilibrio.

Los datos del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR por sus siglas en inglés) apoyan también el argumento de que los bosques maduros almacenan cantidades significativamente mayores de carbono que las plantaciones y los bosques talados.

uno cómo regulan el clima los bosques

continuado

La sustitución de bosques maduros por plantaciones no es por lo tanto una opción en términos de mitigación del cambio climático.

bosques tropicales vs bosques templados y el "sumidero de carbono desaparecido" Los bosques naturales del planeta se pueden clasificar en dos categorías principales: los bosques tropicales, a ambos lados del ecuador, y los bosques templados y boreales, principalmente en el hemisferio norte (y una pequeña parte en Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Argentina y Chile).

Es necesario considerar por separado estas dos regiones en relación a la pérdida de reservorios de carbono³ debido a la deforestación, y a la absorción de carbono.

Los reservorios más grandes de carbono almacenados en la vegetación y el suelo se encuentran en los bosques tropicales (60 y 45%, respectivamente respecto del total correspondiente a los bosques) debido a su gran extensión y a la relativamente alta densidad de carbono que los caracteriza. Las reservas de carbono de los bosques varían, dependiendo del tipo de bosque según el clima, el suelo, la gestión, la frecuencia de las perturbaciones, y el nivel de la degradación causada por los seres humanos (PICC, 2001a: 5.6.1.1).

Antes de 1900, la mayor parte de las emisiones de CO₂ se originaron en la deforestación en los países templados para dar paso a la expansión de la agricultura. Desde entonces, sin embargo, el

balance de las emisiones ha cambiado: la deforestación en los países templados disminuyó y aumentó la deforestación tropical.

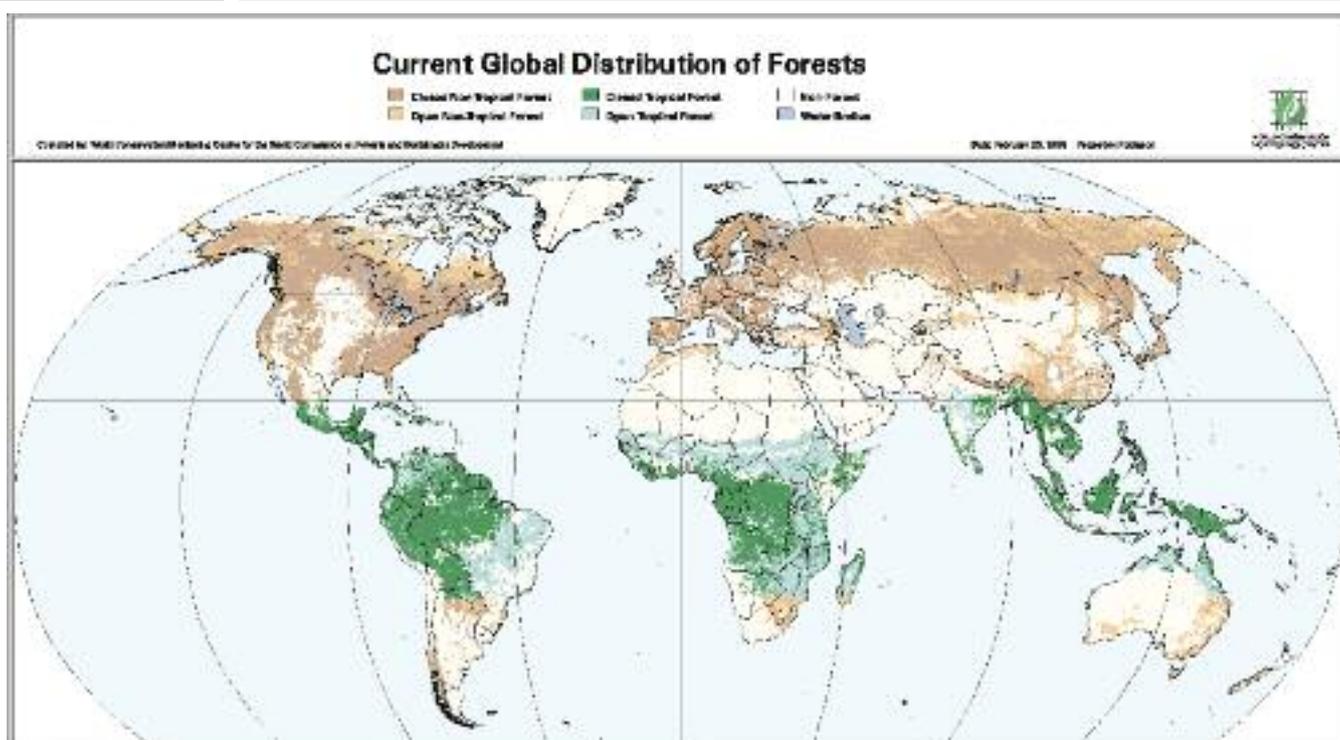
A partir de la década de 1940, la deforestación tropical ha dado cuenta de la mayor parte de las emisiones netas de carbono del medio ambiente natural. En general, los bosques del Norte siguen actuando todavía como sumideros netos de carbono, pero los bosques tropicales, debido a los cambios radicales en el uso del suelo, incluida la deforestación, son una fuente neta de carbono (es decir, emiten más carbono a causa de la deforestación que el que puede ser absorbido por el resto de los árboles) (NSF, 2007).

En 1994, los científicos informaron que la deforestación en los bosques tropicales estaba determinando que las emisiones de carbono en la región alcanzaran 1.600 millones de toneladas por año; y que esto a su vez estaba siendo contrarrestado hasta cierto punto por la expansión de los bosques templados y boreales y su absorción de unos 700 millones de toneladas de carbono por año, lo que representaba un flujo neto de carbono hacia la atmósfera de alrededor de 900 millones de toneladas por año (Dixon *et al.*, 1994).

En 2001, el PICC estimó que los bosques templados capturaban y almacenaban en la región entre 1,4 y 2 toneladas de carbono / ha / año. La apreciación de los bosques boreales era muy variable, dependiendo de tipo de bosque. Por otra parte, los bosques tropicales, seguían siendo fuente neta de carbono (PICC, 2001a: 5.6.1.1).

FIGURA 2

DISTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES, TEMPLADOS Y BOREALES



Fuente: WCFSD, 1999.

3 Un reservorio de carbono abarca distintos tipos de almacenamiento del carbono como los bosques o el suelo.

TABLA 2

RESERVAS DE CARBONO SUPERFICIAL EN LOS SISTEMAS DE ROZA Y QUEMA Y OTROS USOS DEL SUELO ALTERNATIVOS, PROMEDIADAS TEMPORALMENTE

SISTEMA	CARBONO (TONELADAS DE C HA-1)
Bosque primario	300
Bosque talado	100-200
Agricultura migratoria (rotación de 25 años)	88
Sistema agroforestal complejo permanente	90
Sistema agroforestal complejo (rotaciones de 25-30 años)	40-60
Plantaciones de árboles	11-61
Cultivos con barbecho corto (<5 años)	5
Pastos y praderas	3

Fuente: (Palm et al., 1999:1, para el CGIAR).

Pero la información en que se sustenta este tipo de evaluaciones ha sido cuestionada recientemente a partir de una investigación sobre el 'sumidero de carbono desaparecido'. Este sumidero desaparecido es la diferencia entre los resultados del modelo computarizado y los ensayos prácticos locales sobre la captura y almacenamiento de carbono en los bosques del Norte (WHRC, 2008). Según los modelos computarizados estos bosques estaban absorbiendo unos 2.400 millones de toneladas por año, pero las pruebas demostraron que la tasa real de absorción apenas llegaba a la mitad (Terradaily, 2007).

Los resultados de esta investigación establecen que, si bien los bosques del Norte siguen siendo un sumidero de carbono, y los bosques tropicales siguen siendo una fuente, las cifras reales son muy diferentes de las que arrojan los modelos utilizados. A partir de muestras aéreas tomadas durante muchos años, los investigadores concluyeron que los bosques del Norte absorben efectivamente apenas 1.500 millones de toneladas de carbono por año, y los bosques tropicales absorben en realidad una cantidad de CO₂ mucho mayor a las estimadas anteriormente (y que son una fuente neta de sólo 100 millones de toneladas). En otras palabras, alrededor del 40% de las emisiones de CO₂ que anteriormente se suponía que era absorbido por los bosques septentrionales, en realidad se absorbe en los trópicos (NSF, 2007).

Evidentemente, estos resultados serán muy importantes para determinar las políticas forestales que se deben aplicar para mitigar el cambio climático.

Los bosques almacenan carbono en los suelos del bosque

Los suelos forestales almacenan una gran cantidad de carbono debido a la gran cantidad de materia orgánica, como hojas y madera en descomposición, que cae y se descompone en el suelo del bosque. Más de dos tercios del carbono en los ecosistemas de bosque se encuentra en los suelos y asociado a depósitos de turba (Dixon et al., 1994).

Esto es particularmente cierto respecto de los suelos de los bosques en las latitudes altas, donde la materia orgánica se descompone más lentamente y, en los bosques que crecen en suelos de turba en los trópicos (en el Sudeste Asiático, por ejemplo), donde la descomposición es inhibida por las condiciones anaeróbicas (Dixon et al, 1994).

Durante la cosecha, la ecología de los suelos de los bosques se ve trastornada por la maquinaria pesada y los cambios en los niveles de luz y agua, y como consecuencia se producen pérdidas significativas de carbono que pasa a la atmósfera. Los suelos de los bosques también liberan carbono cuando se aplican fertilizantes (GFC, 2007).

Investigaciones recientes realizadas en China indican que los bosques maduros pueden almacenar niveles mucho más altos de carbono en sus suelos de lo que se pensaba anteriormente (aunque también se especula que esto puede ser una respuesta a los cambios en el medio ambiente). Los científicos encontraron que la capa de 20 cm superior del suelo en los bosques maduros del sur de China acumularon una tasa promedio de carbono atmosférico inesperadamente alta de 0,61 toneladas de carbono / ha / año entre 1979 y 2003 (Zhou et al., 2008).

turberas boscosas Según la Convención de Ramsar sobre los Humedales, las turberas del mundo cubren alrededor de 400 millones de hectáreas y constituyen "aportes importantes a la diversidad biológica de muchas regiones del mundo" (Ramsar, 2008b). Además contienen unas 550.000 millones de toneladas de carbono en forma de materia orgánica comprimida. En perspectiva, esto significa que la cantidad de carbono de estos suelos -que abarcan sólo el 3% de la superficie del mundo- es equivalente al de toda la biomasa terrestre, y duplica la cantidad que se encuentra almacenado en los bosques (Ramsar, 2008).

La turba sigue siendo utilizada como combustible en muchas partes del mundo, a pesar que su formación lleva muchísimos miles de años. También está siendo destruida rápidamente en lugares como el sudeste de Asia, en donde se despejan bosques para hacer lugar a plantaciones de palma aceitera. Se calcula que solamente esto, da cuenta de un significativo 8% del total de emisiones de dióxido de carbono en el mundo (Hooijer et al., 2006). La desecación de la turba libera dióxido de carbono a medida que ésta se oxida. Los incendios forestales en los suelos de turba seca liberan aún más carbono (Biofuelwatch, 2008).

A nivel mundial, la pérdida de turba está conduciendo a una pérdida neta de 3 millones de toneladas de CO₂ cada año -equivalente al 10% de las emisiones mundiales provenientes de combustibles fósiles (PNUMA, 2007).

Cabe señalar que la industria de la turba ha peleado para que se reclasifique la turba como biocombustible, tanto dentro de la UE como en el PICC, afirmando que tiene un "impacto fluctuante en el clima" (SPPA) y que es un "combustible de biomasa que se renueva lentamente" (SPPAb). Finlandia defendió los argumentos de la industria de la turba en el PICC.

uno cómo regulan el clima los bosques

continuado

De todas formas, el PICC se mantuvo firme en su posición. En el Glosario del Panel que aparece adjunto a las Directrices del PICC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, se trata de manera clara y explícita a la turba como carbono fósil y no como biocombustible *"debido al tiempo prolongado que exige el reemplazo de la turba cosechada"* (PICC, 2006).

La Asociación de Productores de Turba de Suecia, sin embargo, parece pensar que el PICC ha cambiado de postura en este tema al menos en parte, al decir que *"el PICC decidió, a propuesta de Finlandia, abandonar el concepto de turba como combustible fósil. En su lugar, la turba se clasifica simplemente como turba, una clasificación que refleja el impacto fluctuante que tiene sobre el clima"*. (SPPA)

los incendios forestales y las emisiones de carbono

La frecuencia creciente de los incendios forestales también contribuye al cambio climático. La quema de materia orgánica libera en la atmósfera grandes cantidades de carbono almacenadas: la deforestación tropical produce el 20% de todas las emisiones de carbono que pueden atribuirse a la actividad humana, al mismo tiempo que destruye los sumideros de carbono (Picard-Aitken, 2007). Además, como el bosque desaparece, el suelo debajo se calienta o, en el caso del permafrost, se derrite. Esto lleva a un aumento en las tasas de descomposición del suelo y a nuevas emisiones de carbono (ScienceDaily, 2007).

El impacto de los incendios forestales es aún peor en los bosques que crecen en suelos de turba. Indonesia es una vez más el caso más grave, con incendios forestales en zonas de turbera casi todos los años. El peor de ellos, en 1997, se calcula que liberó unos 2.570 millones de toneladas de carbono a la atmósfera (Page *et al.*, 2002) – equivalentes al 40% de la cantidad total de CO₂ liberada en la atmósfera a consecuencia de la quema de combustibles fósiles ese año.

los bosques y el ciclo hidrológico

Los bosques son también un componente clave del ciclo hidrológico del planeta, e influyen en éste de varias maneras distintas. Más importante aún, los bosques contribuyen a transportar el agua desde el suelo hasta la atmósfera, a través de los árboles, mediante un proceso que se conoce como evapotranspiración. La evapotranspiración contribuye a la formación de las nubes y las precipitaciones.

Las tasas de evapotranspiración dependen de la energía radiante, la humedad del suelo, la humedad, el viento y la resistencia estomática (Pike, 2003). La vegetación de los bosques también emite isoprenos que actúan como núcleos de condensación, ayudando a la formación de nubes y gotas de lluvia (Claeys *et al.*, 2004). Por este motivo, los bosques son un factor motriz del régimen de circulación atmosférica y precipitaciones.

La tala creciente de los bosques, incluso para la construcción de carreteras, puede afectar las tasas de evapotranspiración, *"eliminando la transpiración y la evaporación del dosel elevado de la cubierta forestal"* (Hetherington, 1987). La tala de los bosques afecta también la cantidad de radiación solar que llega al suelo y

otros procesos hidrológicos, incluido el deshielo y la congelación del suelo, con consecuencias sobre la escorrentía (Pike, 2003).

La presencia de los bosques también afecta las tasas de escorrentía ya que los suelos forestales son particularmente absorbentes. Esto determina que haya una tendencia hacia una menor escorrentía y a la presencia de napas freáticas más altas en las zonas boscosas. La deforestación puede conducir a una reducción del manto freático local (Pike, 2003). El aumento de la escorrentía puede además tener por consecuencia la erosión del suelo, la sedimentación de los cursos de agua y la incidencia de inundaciones repentinas.

Los bosques y otros tipos de vegetación también tienden a capturar y almacenar transitoriamente la lluvia y la nieve, lo que aumenta las tasas de evaporación eventual (Pike, 2003).

Evidentemente, es probable que la eliminación de los bosques conlleve cambios significativos en el tiempo y el clima, tanto a nivel local como regional, y en consecuencia también en los ecosistemas y la agricultura. El papel de los bosques como reguladores de los patrones del tiempo y el clima, la ecología y la agricultura se verá limitado por la deforestación y por una potencial acronecrosis (que en sí misma es producto del cambio climático).

los bosques y el ciclo del nitrógeno

Los ecosistemas forestales necesitan nitrógeno. Los microorganismos en los suelos de los bosques y algunas especies de árboles, como los alisos (cuyas raíces tienen nódulos que fijan el nitrógeno) ayudan a convertir el nitrógeno atmosférico en nitrógeno orgánico, haciéndolo disponible para su conversión en proteínas de plantas y animales. La ocurrencia de fenómenos de gran consumo de energía, como las tormentas eléctricas y los incendios forestales, también ayuda a fijar cantidades pequeñas pero significativas de nitrógeno.

Sin embargo, la presencia de cantidades excesivas de nitratos puede ser perjudicial para la salud humana y de las plantas y animales. Con respecto a los bosques, la contaminación con nitrógeno derivada de la generación de energía eléctrica, el transporte y la agricultura puede provocar la acidificación de los suelos y los cursos de agua, la pérdida de bosque y la presencia de lluvias ácidas, incluso originadas en fuentes fijas ubicadas a muchos cientos de kilómetros de distancia (ScienceDaily, 2007b).

El exceso de nitrógeno puede estimular la respiración del suelo en los bosques tropicales, lo que lleva a aumentos significativos en las emisiones de carbono (Cleveland y Townsend, 2006). Esto puede ocurrir debido a la contaminación con nitrógeno, o en bosques donde se han aplicado fertilizantes (GFC, 2007). No obstante, los vínculos entre el exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo, los bosques tropicales y el cambio climático deben ser objeto de más estudios científicos. (ScienceDaily, 2007b).

¿cómo afecta a los bosques el cambio climático?

¿cómo afecta a los bosques el cambio climático?

Es difícil cuantificar el efecto preciso que probablemente tenga el cambio climático sobre los bosques, sobre todo teniendo en cuenta la relación tan compleja y dinámica que existe entre los bosques y el clima del planeta. Por ejemplo, los árboles jóvenes que están creciendo hoy en lugares donde ya se están ocurriendo cambios climáticos, pueden reaccionar de manera diferente a los árboles más maduros, y este factor agrega una dosis de mayor incertidumbre a las investigaciones que se han llevado a cabo a partir de *mature stands of trees* arboledas de ejemplares maduros (Alig *et al.*, 2004). Los efectos pueden variar además entre distintas partes del mundo.

Sin embargo, los investigadores han identificado y están tratando de cuantificar tendencias generales. El cambio climático afecta a los bosques en la medida en que aumentan las concentraciones atmosféricas de CO₂ y cambian las temperaturas y los patrones del régimen pluvial. Estos cambios afectan la capacidad de los bosques para almacenar carbono; provocan una serie de trastornos en los ecosistemas forestales; llevan a cambios en la distribución de las especies arbóreas, y pueden generar fenómenos meteorológicos extremos que afectan seriamente a los bosques. Es probable que la gravedad de estos impactos esté estrechamente relacionada con el grado de aumento de la temperatura (Scholze *et al.*, 2006).

Los cambios en el uso del suelo (es decir, la deforestación) son obviamente un factor importante que afecta la capacidad de los bosques para almacenar carbono. Sin embargo, no es simplemente una cuestión de si existen árboles o no: cómo crecen y mueren es también muy importante. Los cambios en el clima, incluido el aumento de la temperatura, afectan la velocidad con la cual los árboles y otras plantas realizan la fotosíntesis, transpiran y se descomponen, y por lo tanto, influyen en el flujo global del carbono entre la atmósfera y el suelo.

los bosques - ¿dejan de ser sumideros de carbono para ser fuentes de carbono?

El aumento de temperatura puede determinar la acronecrosis de los bosques, y este proceso se puede transformar en algo irreversible, ya que los bosques ayudan a regular el clima, contribuyendo a generar las precipitaciones y las temperaturas más moderadas a las cuales ellos mismos están adaptados.

Ya hay informes de acronecrosis en algunas regiones, como las montañas de la Sierra Nevada en California, donde la muerte de pinos y abetos casi se ha duplicado desde 1983 (Holmes, 2007). También se teme que el bosque húmedo de la Amazonia, que ayuda a regular el clima mundial, pueda sufrir una acronecrosis significativa en los próximos años (Malhi *et al.*, 2008; WWF, 2007). Un estudio reciente estima que el 55% de la selva amazónica podría ser perjudicada o destruida en los próximos 20 años, liberando entre 15 y 26 millones de toneladas de carbono a la atmósfera, si sigue adelante la combinación letal de la deforestación, los incendios forestales y el cambio climático (Nepstad *et al.*, 2008).

Al parecer, el destino de los bosques y su capacidad de almacenar carbono están estrechamente vinculados a la temperatura. Investigaciones recientes indican que si los aumentos de temperatura siguen siendo inferiores a 2°C, los bosques del mundo podrán seguir actuando como sumideros de carbono a lo largo del siglo XXI. Pero, si las temperaturas aumentan entre 2°C y 3°C, la capacidad de los bosques de absorber carbono podría aumentar hasta mediados de siglo, pero luego disminuiría, y si las temperaturas aumentaran más de 3°C, el efecto sumidero nuevamente aumentaría inicialmente, para luego desaparecer alrededor del 2100 (aunque este último resultado es bastante incierto estadísticamente hablando) (Scholze *et al.*, 2006).

En otras palabras, al menos en el corto plazo y con tasas de aumento de la temperatura más bajas, la capacidad de los bosques de actuar como sumideros de carbono aumentará. No obstante, este argumento se basa en la aceptación de un fenómeno conocido como la "fertilización por carbono". La "fertilización por carbono" se refiere a la expectativa de un aumento del crecimiento de los árboles a medida que aumentan los niveles de CO₂ en la atmósfera. Sin embargo, las investigaciones sobre este fenómeno no son concluyentes hasta el momento (ver más adelante).

Aun así, la investigación de Scholze *et al.* indica que, en el largo plazo y a temperaturas más altas, los bosques podrían perder su capacidad fundamental de regulación del clima.

la fertilización por carbono

El término "fertilización por carbono" se refiere a la idea de que al aumentar la cantidad de carbono en la atmósfera hay más dióxido de carbono disponible para la fotosíntesis, y que como resultado de esto, habrá un aumento del crecimiento de las plantas. Obviamente, si esto es así o no, resulta crucial a la hora de determinar las maneras de mitigar el cambio climático.

Sin embargo, hay opiniones divergentes sobre si realmente existe este efecto de fertilización por carbono (tal como se informa en Sohnberg *et al.*, 2007). Los datos satelitales muestran un enverdecimiento de la tierra, que indica la existencia de un crecimiento mayor (Guardián, 2008). Pero, ¿se traduce acaso esto en una mayor absorción de carbono? Hasta ahora las investigaciones han arrojado resultados contradictorios.

Algunos sostienen que los efectos de la fertilización por carbono sí existen, pero que pueden estar limitados por cambios en las condiciones atmosféricas y la disponibilidad de nutrientes (Melillo *et al.*, 1993).

Otros aceptan que existe la fertilización por carbono, pero sostienen que los niveles de absorción de dióxido de carbono llegan a un "punto de saturación" (y que estos puntos de saturación difieren entre distintas especies de árboles). En otras palabras, que hay un límite para la cantidad de dióxido de carbono que las plantas pueden absorber (Gitay *et al.* 2001).

¿cómo afecta a los bosques el cambio climático

continuado

La investigación de Scholze *et al* (según se detalla más arriba) también se basa en que el aumento de los niveles de CO₂ tendrá efectos fisiológicos, pero que se alcanzará un punto de saturación; y que los efectos de la fertilización por carbono en ese momento serán superados por los impactos de tasas más altas de calentamiento global. Esto se debe a que la temperatura afecta el equilibrio relativo entre el aumento de la absorción de CO₂ durante la fotosíntesis (debido a mayores concentraciones atmosféricas) y el aumento de la respiración a medida que aumentan las temperaturas (Scholze *et al.*, 2006).

Otros, sin embargo, destacan el grado de incertidumbre de algunas de las investigaciones realizadas hasta el momento, y cuestionan la exactitud de los modelos climáticos de carbono utilizados y los supuestos en los que se basan: *"De todos modos, el aporte de la fertilización por CO₂ al futuro ciclo global de C ha sido incierto, especialmente en los ecosistemas de bosques que dominan la [productividad primaria neta] global, y porque los modelos que incluyen una retroalimentación entre el metabolismo terrestre de la biosfera y el [CO₂] atmosférico están limitados por la falta de evidencia empírica."* (Norby *et al.*, 2005)

Este último grupo de investigadores decidió analizar el crecimiento real de los árboles, sometiéndolos a niveles elevados de CO₂ (550 ppm) en cuatro experimentos de enriquecimiento de CO₂ en áreas de bosque. Los resultados fueron positivos, respaldando a aquellos que teorizaron acerca de la existencia del fenómeno de la fertilización por carbono: *"Demostramos que la respuesta de [productividad primaria neta] de los bosques ante una presencia elevada de CO₂ se mantiene en alto grado en un amplio rango de productividad, con una estimulación promedio de 23 ± 2% ... La sorprendente consistencia de la respuesta en los diversos sitios brinda un punto de referencia para evaluar las predicciones de los modelos ecosistémicos y globales"*. (Norby *et al.*, 2005).

El PICC también cita una investigación similar en una plantación de Pinus taeda de 13 años en Carolina del Norte, EE.UU., en donde los niveles de CO₂ se mantuvieron en 200 ppm por encima del nivel ambiente. Después de dos años, la tasa de crecimiento de los árboles enriquecidos con CO₂ había aumentado aproximadamente en 26%. Sin embargo, este estudio también concluyó que era previsible que ocurriera una saturación, en la medida en que las plantas se aclimataran a mayores niveles de CO₂, y debido a que la falta de disponibilidad de otros nutrientes también limitaría el aumento del crecimiento (PICC, 2001a: 5.6.3.1.3; Gitay *et al.*, 2001).

Otro estudio de 2006 también avaló la teoría de la fertilización por carbono, hallando que la mayoría de los estudios realizados en los últimos 50 años han registrado incrementos en la productividad primaria neta de los bosques (Boisvenue y Running, 2006).

Investigaciones recientes indican, incluso, que las tasas de crecimiento de los árboles en la Amazonía han aumentado a tal nivel, que su capacidad de absorción de carbono contrarresta más o menos las emisiones de carbono resultantes de la deforestación en la Amazonía. Los investigadores sugieren que

los elevados niveles de CO₂ atmosférico son la causa más probable de este mayor crecimiento (Phillips *et al.*, 2008).

Sin embargo, no todos los estudios concuerdan. Un informe de una nueva investigación sugiere que los árboles en realidad están absorbiendo menos carbono a medida que el mundo se calienta, al menos en las regiones del Norte. Catorce institutos de investigación de Europa, Canadá, China y EE.UU. han recogido información durante dos décadas, incluyendo información satelital y mediciones de los niveles locales de CO₂ atmosférico en 30 sitios diferentes en el Norte, entre ellos en Siberia, Alaska, Canadá y Europa.

Debido a las variaciones en el crecimiento de los árboles según las estaciones, los bosques tienen una fecha de 'corte' en el otoño y luego pasan de ser sumideros netos de carbono a fuentes netas de carbono. La información satelital mostró un mayor enverdecimiento (tal como se mencionó anteriormente) y los científicos de esas instituciones esperaban una estación de crecimiento más prolongada y una fecha de 'corte' tardía (lo que llevaría a una mayor absorción de CO₂).

Ellos hallaron lo contrario. A medida que las temperaturas aumentaban, la fecha de 'corte' se adelantaba, en algunos casos hasta un par de semanas o más. Hallaron también que *"tanto la fotosíntesis como la respiración aumentan durante el calentamiento del otoño, pero el incremento en la respiración es mayor. En la primavera, por contraste, el calentamiento incrementa más la fotosíntesis que la respiración"*. La investigación arrojó que en el otoño se liberaba 10% más de CO₂ que el que se absorbía en la primavera (Piao *et al.*, 2008).

El Dr. Piao del Le Laboratoire des Sciences du Climat et l'Environnement en Francia comentó que *"si el calentamiento en otoño se produce a un ritmo más acelerado que en la primavera, la capacidad de los ecosistemas del Norte para capturar y almacenar carbono disminuirá en el futuro"* (Mongabay, 2008c).

Pero también en esto hay discrepancias; como señala Colin Prentice de la Universidad de Bristol, *"en un período de décadas más prolongado, los modelos pronostican cambios en la estructura de la vegetación, que incluyen que las regiones de tundra se volverán más boscosas y los bosques tienden a absorber bastante más carbono que la tundra. Por lo tanto, soy escéptico a que a partir de estos hallazgos se saquen conclusiones sobre cualesquier implicancias futuras específicas"*. (Guardián, 2008)

Del mismo modo, Kirschbaum comenta que *"las respuestas [al CO₂ y los cambios de temperatura] pueden ser negativas en algunas circunstancias y positivas en otras, pero en conjunto, no parece haber ninguna razón para esperar cambios generales drásticos en el crecimiento de las plantas"* (Kirschbaum, 1998).

La única conclusión a la que se puede arribar por el momento, aparentemente, es que el grado de incertidumbre respecto a la fertilización por carbono aún es tan grande que las estrategias de mitigación del cambio climático no deberían centrarse en este fenómeno. Cualquier beneficio de la fertilización por carbono sería adicional. Por otra parte, es necesario realizar nuevas investigaciones para determinar los impactos diferenciados del cambio climático en los bosques tropicales, los bosques templados y los bosques boreales.

cambios en la distribución de las especies arbóreas

Los ecosistemas de bosques seguramente se verán seriamente afectados por los cambios en la temperatura y la concentración de CO₂, así como por los cambios en las precipitaciones, las estaciones de crecimiento y los ciclos de hielo y deshielo:

"Sin embargo, las consecuencias ecológicas son potencialmente más graves [que los impactos en el crecimiento]. La distribución de muchas especies tiende a estar limitada por una gama estrecha de condiciones ambientales. Con el cambio climático, las condiciones pueden cambiar y tornarse absolutamente inadecuadas para el crecimiento de una especie en la gama natural de condiciones climáticas a las cuales se encuentra actualmente adaptada. Esto puede resultar en la pérdida de un gran número de muchas especies únicas que en la actualidad habitan en los bosques tropicales del mundo... los factores ecológicos y ecofisiológicos...añaden impactos adicionales a los bosques tropicales que ya están siendo afectados por otra serie de factores antropogénicos directos e indirectos" (Kirschbaum, 1998).

Las estimaciones sugieren que entre una séptima parte y dos tercios de los bosques templados y boreales del mundo, por ejemplo, podrían sufrir algún tipo de cambio a mediados de siglo (Sohngen *et al.*, 2007). Las investigaciones indican además, que los impactos más severos y tempranos del cambio climático seguramente ocurrirán en los bosques boreales debido a los cambios en los patrones de deshielo estacionales, que aumentan la duración de la estación de crecimiento, y las sequías de verano, que pueden provocar estrés y, por tanto, reducir el crecimiento (PICC, 2001a: 5.6.3.1.2). Sin embargo, si las temperaturas aumentaran más de 3°C en el transcurso del presente siglo, los bosques boreales correrán mayores riesgos de sufrir acronecrosis y trastornos (principalmente como consecuencia de los incendios forestales) (Sohngen *et al.*, 2007).

En el Reino Unido, la Comisión Forestal (cuyo foco de atención está fundamentalmente en las especies maderables productivas) ya prevé cambios en la distribución de las especies arbóreas. Predice, por ejemplo, que el *Picea abies* o picea de Noruega podría dejar de crecer con éxito en la mayor parte del Reino Unido; y que el *Picea sitchensis*, el pino negro de Córcega, el abeto de Douglas y la haya, podrían crecer cada vez mejor en Escocia; y que la haya dejará de ser una especie adecuada para cultivar y cosechar en el sur de Inglaterra (Forestry Commission, 2002). Claramente, esta tendencia seguramente se aplique tanto a las especies forestales naturales como a las plantaciones.

Sin embargo, también advierte contra el cultivo de especies arbóreas de distintas procedencias previendo el cambio climático, argumentando que seguirá habiendo riesgo de daños por las heladas de primavera, que podrían agravarse en el caso de las heladas otoñales (Forestry Commission, 2002).

Del mismo modo, se esperan cambios significativos en la distribución de las especies y la cubierta forestal en Estados Unidos. Un análisis de cuatro estudios diferentes concluye que *"en conjunto, los resultados sugieren cambios sustanciales en los hábitat potenciales de varias especies y comunidades"* (Hansen y Dale, 2001).

El estudio continúa pronosticando que la superficie de bosque en Estados Unidos se reducirá en un 11%, ya que el bosque será sustituido por sabanas y montes áridos. Algunas comunidades, tales como la de roble / nogal y roble / pino en el Este, y de pino ponderosa y árboles de madera dura en el oeste, pueden aumentar. En cambio está previsto que otras, entre ellas las de hábitat alpinos, artemisia, los bosques sub-alpinos de *Piceas abies* y abetos, de álamos / abedules, y de arces / hayas / abedules disminuyan en gran medida o incluso desaparezcan (Hansen y Dale, 2001).

No obstante, también se ha argumentado que las respuestas al cambio climático seguramente serán muy variables, por lo que algunos ecosistemas se verán perjudicados mientras que otros, por el contrario, se favorecerán. De modo que, por ejemplo, los bosques boreales y los bosques alpinos podrían experimentar mayores tasas de crecimiento, debido a que sus estaciones de crecimiento y la temperatura ambiente, dos factores que podrían cambiar, son hoy factores limitantes para el crecimiento de estos ecosistemas (PICC, 2001a: 5.6.2.1).

Scholze *et al.* pronostican un alto riesgo de pérdida de bosques en Eurasia, el este de China, Canadá, América Central y la Amazonia (Scholze *et al.*, 2006). También prevén que los bosques se trasladarán hacia el Ártico, y las sabanas semiáridas (Scholze *et al.*, 2006), aunque también es posible que se formen turberas y pantanos.

Daños crecientes causados por insectos, agentes patógenos y otras plagas

Los ecosistemas de bosques también se ven afectados por infestaciones de plagas, incendios forestales, caída de árboles por vendavales, daños por las heladas, sequías y fenómenos meteorológicos extremos, todos los cuales a su vez son afectados - en su frecuencia e intensidad - por el cambio climático. Estos cambios pueden observarse como una reducción en la calidad del bosque, aun cuando éste siga existiendo.

El PICC reconoce que es probable que, como resultado del cambio climático, los ecosistemas sufran daños significativos a raíz de los regímenes cambiantes de incidencia de los agentes patógenos, insectos y plagas. No obstante, también señala que las interacciones ecológicas son complejas y difíciles de evaluar. La experiencia anterior sugiere, sin embargo, que un aumento de la duración y / o la severidad de estos brotes es previsible, y que los mismos quizás se trasladen en dirección a los polos. El PICC comenta que *"todas estas reservas tienden a reducir la productividad de los bosques y las reservas de carbono, aunque la magnitud de estos cambios es difícil de predecir"* (PICC, 2001a: 5.6.3.1.3).

En los bosques templados y boreales, por ejemplo, podría haber una mayor incidencia de cancro en los álamos y otras especies arbóreas, debido a la disminución de la humedad de la corteza. Si las condiciones son más cálidas y secas, también podría propagarse la Armillaria, un hongo que afecta las raíces, y cuya presencia se registra en diferentes lugares en todo el mundo.

¿cómo afecta a los bosques el cambio climático

continuado

EL PICC brinda el ejemplo que sigue para ilustrar la importancia de los daños que pueden ocasionar los insectos y de qué manera pueden estar relacionados con el cambio climático:

interacciones complejas: los bosques boreales del sur de América del norte, plagas, aves, y cambio climático

Se estima que el gusano de las yemas del abeto (*Choristoneura fumiferana*) ha deshojado unos 2,3 millones de hectáreas en Estados Unidos y afecta alrededor de 51 millones de m³ de madera cada año en Canadá. A pesar que esta oruga se presenta normalmente en bajas densidades, puede llegar a la cifra de 22 millones de larvas por ha⁻¹ durante brotes periódicos. Los brotes pueden extenderse en más de 72 millones de hectáreas y tener una duración de 5-15 años, matando a la mayoría de los ejemplares maduros de abetos balsámicos.

Se cree que las condiciones del tiempo desempeñan un papel importante a la hora de determinar el alcance del gusano. Los brotes suelen seguir a las sequías o comenzar luego de veranos cálidos y secos. La sequía estresa a los árboles huésped y cambia los microhábitat vegetales. Además, el número de huevos de esta oruga a 25 °C es 50% mayor que el número que ponen a 15 °C. En algunas zonas, la sequía y las altas temperaturas también modifican el tiempo de la reproducción de las orugas, de manera que es posible que ya no sean afectadas por algunos de sus depredadores parasitoides naturales. Las condiciones del tiempo, al menos en el centro de Canadá, también pueden incidir en detener algunos brotes, si las heladas de fines de primavera matan los retoños de los árboles de los cuales se alimentan las larvas. Las aves depredadoras, especialmente algunas especies de la familia *Parulidae*, pueden contribuir en alto grado al control de algunas poblaciones del gusano. Las aves pueden consumir hasta 84% de las larvas y pupas de la oruga, si la densidad de población del gusano es baja (aproximadamente 100.000 por ha⁻¹), pero una vez que las poblaciones de larvas superan 1.000.000 por ha⁻¹, la depredación de las aves ya no puede afectar de manera sustancial estas poblaciones. Esta acción depredadora de las aves actúa concertadamente con la de otros depredadores, en su mayoría insectos.

El radio de incidencia septentrional del gusano de las yemas del abeto puede avanzar más hacia al norte al aumentar las temperaturas —lo cual, si va acompañado por una mayor frecuencia de la ocurrencia de sequías, podría favorecer brotes cada vez más frecuentes y más graves, y como consecuencia cambios ecológicos dramáticos. El aumento de las temperaturas también podría reducir la frecuencia de las heladas de fines de primavera en los bosques boreales del sur, aumentando quizás la duración de los brotes en algunas de esas zonas.

El clima cambiante también puede disociar de sus depredadores a algunas poblaciones de gusanos, tanto parasitoides como aves. La distribución de muchos de los parúlidos que se alimentan con estos gusanos podría variar en dirección a los polos, y es posible incluso que desaparezcan de las latitudes por debajo de los 50°N. La sustitución de los mecanismos de control biológico por mecanismos de control químico (es decir plaguicidas), puede generar en última instancia toda otra serie de problemas diferentes; existen una serie de problemas económicos y sociales asociados a la aplicación de plaguicidas a gran escala.

Fuente: (PICC, 2001a: 5.6.2.2.2).

También se ha demostrado que, en el oeste de Estados Unidos, por ejemplo, las temperaturas más cálidas "ya mejoraron las oportunidades para la propagación de insectos en el paisaje" (Crozier, 2002).

En el mismo sentido, la Comisión Federal del Reino Unido señala que el clima cambiante "alterará el delicado equilibrio entre los árboles huéspedes, los agentes patógenos, las plagas de insectos y sus depredadores". El cambio climático afectará todo lo que detallamos a continuación, aunque es incierto de qué manera: la latencia invernal, la fecha de floración, el crecimiento, el equilibrio huésped-agente patógeno, la población de insectos, la evapotranspiración y la productividad / mineralización del suelo (Forestry Commission, 2002).

La Comisión Forestal también da los siguientes ejemplos de cambios previsible en las poblaciones de agentes patógenos, insectos y plagas de mamíferos, que incidirán en el crecimiento de los árboles en las plantaciones comerciales:

- Condiciones climáticas más cálidas probablemente alienten a los agentes patógenos como la roya (álamo) y el *phytophthora cinnamomi* (robles, nogales y otras especies).
- Es probable que el aumento de las temperaturas también beneficie a insectos y otros vectores de agentes patógenos, tales como el hongo que causa la grafiosis del olmo holandés.
- El estrés que provoca la sequía en los árboles puede hacer que éstos sean más susceptibles a los agentes patógenos, tales como la enfermedad de la corteza del arce blanco (*Cryptostroma corticale*).
- El tiempo más cálido podría modificar la sincronía entre el huésped y el desarrollo de las plagas de insectos, incluso mediante la supervivencia prolongada de los insectos tales como el pulgón de la picea (*Elatobium abietinum*) durante el invierno.
- Los cambios de temperatura podrían fomentar la aparición de especies exóticas tales como el escarabajo del pino del Sur y el escarabajo asiático de cuernos largos.



© niko hendri gapan de waihi kalbar

Cultivos campesinos de caucho quemados ilegalmente por una empresa de palma aceitera en Kalimantan Occidental, 2008.

más incendios forestales

Aunque los incendios forestales son parte del ciclo natural de algunos ecosistemas de bosque, suprimir esos incendios puede ser más perjudicial que beneficioso, ya que permite una acumulación de material inflamable en los bosques.

Sin embargo, el hecho que la frecuencia de los incendios forestales (FAO, 2008b) sea cada vez mayor seguramente tendrá consecuencias significativas para los ecosistemas. Los incendios consumen plantas, residuos leñosos y materia orgánica del suelo, y matan a los animales del bosque que no logran escapar o sobrevivir al calor y el humo. También pueden modificar la productividad de los suelos, la estructura de los bosques y las tasas de sedimentación en las corrientes de agua, con consecuencias para la flora y fauna acuática (ASC y MNHC, 2005).

El cambio climático es también una fuerza motriz clave. La tendencia hacia condiciones más cálidas y secas, en general, seguramente habrá de exacerbar los efectos de los incendios, aumentando su frecuencia, intensidad y tamaño. *"Todo lo que se necesita es un año con poca nieve y un verano seco. Si a eso le agregamos algunas tormentas eléctricas, esto será un polvorín"*, dice el Profesor S. Tom Gower, de la Universidad de Wisconsin-Madison, quien también señala que *"según lo que sabemos hasta ahora, el fuego fue en los últimos 50 años una fuerza motriz (del balance del carbono) más importante que el clima. Pero si la concentración de dióxido de carbono realmente se duplica en los próximos 50 años y la temperatura aumenta entre 4 y 8 grados Celsius, se podrá desatar un verdadero pandemonium"* (ScienceDaily, 2007).

Existen numerosas razones por las cuales aumenta la frecuencia de los incendios forestales, entre ellas el desmonte de tierras, la presencia de plantaciones (que son más secas que los bosques) y algunas prácticas agrícolas y silvícolas, entre las que se incluyen la reducción de la acidez de los suelos de turba en el caso de las plantaciones de palma de aceite, y la facilitación y aumento de las cosechas de caña de azúcar.

La fragmentación de los bosques también significa mayores extensiones de franjas de bosque límite. Estas franjas de bosque tienden a ser más secas y su tala es más frecuente, y a menudo son limitrofes con zonas de pastoreo de ganado que se queman con frecuencia (Laurance y Williamson, 2002).

Se ha observado, por ejemplo, que la frecuencia de los incendios incontrolables en la Amazonía está aumentando. En 2005, 2006 y 2007 se produjeron graves sequías en algunas zonas; y en 2005 se produjo por primera vez un gran incendio, que abarcó cerca de 2.800 millas cuadradas en el estado de Acre, en la región sur-occidental de la Amazonia brasileña.

Por otra parte, los incendios forestales han generado grandes pérdidas en muchos países en las últimas dos décadas, entre otros en la Amazonía brasileña, China, Indonesia (Kalimantan y Sumatra), México y Paraguay.

Los incendios que asolaron al campo en Indonesia en 1997 (algo que se repite cada año) afectaron nada menos que al 6% de la superficie total del país en ese año, y liberaron a la atmósfera 2.570 millones de

toneladas de carbono (GFC, 2007). Los daños causados por estos incendios y los humos asociados son catastróficos. En Indonesia la fauna, los hábitat naturales y los ecosistemas de las zonas más afectadas fueron devastados. El PICC responsabilizó al cambio en el uso del suelo como el factor más importante, pero señala además que *"los incendios de 1997-1998 en Indonesia estuvieron asociados de manera significativa, aunque no exclusiva, a la sequía que asoló a gran parte de la región"* (PICC, 2001a: 5.6.2.2.1).

Además, en los últimos 20 años, la superficie de bosque boreal que se quema cada año en el oeste de América del Norte se ha duplicado (0,28% en el decenio de 1970 a 0,57% en el decenio de 1990), en paralelo con la tendencia al calentamiento que se ha observado en la región (PICC, 2001a: 5.6.2.2.1).

Investigaciones recientes muestran también un aumento repentino en la frecuencia y la duración de los incendios forestales incontrolables a mediados de la década de 1980, especialmente en los bosques de la Montañas Rocosas del Norte, cuya causa no ha sido el cambio en el uso del suelo. Por el contrario, esa alteración repentina está fuertemente asociada al aumento de las temperaturas en primavera y verano y a un deshielo primaveral anticipado (Westerling *et al.*, 2006).

Décadas de mal manejo forestal en las que se suprimieron los ciclos naturales de incendios forestales también han dado lugar a una gran acumulación de desechos leñosos en el bosque (DSF, 2008).

También hay estudios similares del PICC, que añaden que:

- *la presencia de mayores precipitaciones puede ser un factor que contribuya (en la medida que conduce al crecimiento de más leña fina combustible);*
- *el aumento de la ocurrencia de tormentas eléctricas puede incrementar el riesgo de incendios forestales;*
- *ha habido un aumento en el riesgo, la gravedad y la frecuencia de los incendios forestales en Europa; y*
- *en algunos lugares se ha registrado una prolongación de la temporada de incendios, que comienza antes y presenta incendios más severos, como ocurre por ejemplo en algunos sitios de Canadá y Rusia (PICC, 2001a: 5.6.2.2.1).*

Por otra parte, el PICC afirma que el aumento de las precipitaciones o las temperaturas estables pueden también estar asociados con una disminución del riesgo de incendios forestales en otras regiones, como el este de Canadá. Asimismo, señala que los incendios forestales son menos frecuentes en los países desarrollados en general, con la excepción de los países de la antigua Unión Soviética, Canadá y EE.UU.. Sostiene que esto probablemente se deba a una mejor prevención y control de los incendios (PICC, 2001a: 5.6.2.2.1).

Ciertos análisis en Estados Unidos indican la posibilidad de un aumento del 10% en la severidad estacional del riesgo de incendios en la mayor parte del territorio (Alig *et al.*, 2004); y Scholze *et al.* también predicen incendios forestales más frecuentes en la Amazonía, las zonas más boreales y muchas regiones semiáridas. (Scholze *et al.*, 2006)

dos cómo afecta a los bosques el cambio climático

continuado

fenómenos meteorológicos extremos

Los fenómenos meteorológicos extremos, que son cada vez más frecuentes e intensos debido al cambio climático, también afectan a los bosques (para más detalles, ver PICC, 2001a: 8.2.3). Como señala el PICC, *"estos eventos son generalmente muy localizados y se producen en un período relativamente corto de tiempo, pero tienen efectos económicos de largo plazo. Existen pruebas de que los daños causados por estos fenómenos extremos han aumentado en los últimos tiempos"* (PICC, 2001a: 5.6.2.2.3). Los fenómenos climáticos extremos incluyen huracanes, tornados, sequías o lluvias torrenciales inesperadas, e inundaciones, heladas y tormentas de nieve repentinas.

El PICC informa, por ejemplo, que los daños a raíz de árboles caídos por los vendavales en Europa parecen haber aumentado de manera constante desde la década de 1950, y que desde entonces han ocurrido destrozos que exceden los 20 millones de m³ en 10 oportunidades (PICC, 2001a: 5.6.3.2.1).

La sequía también surte un efecto particularmente debilitador de los bosques. Al decir de la FAO, *"las plantas tienen una capacidad considerable de adaptación a las condiciones cambiantes y pueden incluso tolerar temperaturas extremadamente altas, siempre que cuenten con agua suficiente"* (Kirschbaum, 1998). Del mismo modo, investigaciones en EE.UU. indican que la biomasa forestal probablemente se reduzca en escenarios con menos humedad (Bachelet *et al.*, 2004).

El efecto del cambio climático en el papel que desempeñan los bosques en el ciclo hidrológico sigue siendo incierto en general. Si bien se espera que el propio ciclo hidrológico global se "intensifique", hasta el momento no hay certeza sobre cuáles serán los impactos precisos (Defra/ARIC, 2008). Al aumentar las temperaturas, habrá una tendencia al aumento de las tasas de transpiración de los bosques, pero la sequía, o incluso la disminución de la humedad del suelo, limitará la cantidad de agua disponible para la transferencia. El aumento de los niveles de dióxido de carbono también suprimirá la transpiración provocando el cierre de las estomas de las plantas (Pallas, 1965). Por otra parte, el aumento de las precipitaciones puede además determinar un aumento de las inundaciones fluviales.



Bosque tropical húmedo en Borneo, Indonesia.

conclusiones

Existe un importante volumen de investigación sobre el papel críticamente importante que desempeñan los bosques en la regulación del clima. Hay además creciente evidencia que indica que el cambio climático probablemente implique impactos negativos importantes sobre los bosques, especialmente con relación a la manera en que éstos interactúan con el ciclo hidrológico y el ciclo del carbono del planeta.

Sin embargo, los trabajos de investigación más recientes parecen estar muy dispersos y acceder a ellos puede resultar muy difícil para los negociadores en temas de cambio climático y biodiversidad, y otras partes interesadas. Pero esta información es clave para las decisiones que se están tomando actualmente a nivel intergubernamental, especialmente en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que hoy está analizando distintas maneras de reducir las emisiones de carbono derivadas de la deforestación.

Este documento reúne las investigaciones actuales y/o relevantes disponibles, a partir de las cuales podemos realizar algunas recomendaciones preliminares. Amigos de la Tierra Internacional considera que los gobiernos deben tener presente que:

- **El cambio climático seguramente tendrá impactos negativos significativos sobre los bosques, que podrían perder su capacidad de regulación del clima.** Se prevé que los bosques en conjunto perderán su capacidad de regulación del clima si las temperaturas aumentan más de 2°C. La distribución de los ecosistemas forestales y las especies arbóreas seguramente sufrirán trastornos severos como consecuencia del cambio climático, y se prevé que la magnitud de estos trastornos será mayor a medida que las temperaturas aumenten.
- **Los bosques tropicales están absorbiendo más carbono que lo que se estimaba previamente, pero al mismo tiempo están seriamente amenazados por el cambio climático.** Empezar acciones urgentes para detener la deforestación en los bosques tropicales, especialmente en la Amazonía, debe ser una prioridad inmediata, antes que se inicie un proceso de acronecrosis que luego se torne irreversible, con consecuencias imprevisibles para nuestro clima.
- **Los suelos de los bosques almacenan enormes cantidades de carbono, especialmente en las turberas, y gran parte de este carbono se emite a la atmósfera cuando estos suelos son desmontados o perturbados de otro modo.** Los suelos de los bosques deben ser incluidos en todos los cálculos relativos a la contribución de los bosques a la mitigación del cambio climático. La turba debe mantener la clasificación del PICC como combustible fósil.
- **La deforestación y las políticas inadecuadas de gestión del bosque conducen al desecamiento de los bosques, intensificando los riesgos de incendios forestales y las consecuentes emisiones de grandes cantidades de carbono.** Los gobiernos deberían financiar y garantizar recursos para un fondo mundial de lucha contra los incendios y el fomento de la pericia técnica, para apoyar a los países que no están en condiciones de prevenir o detener por sí mismos los incendios forestales incontrolables. Al mismo tiempo, se deberían cambiar las políticas de gestión de bosques para permitir los incendios forestales naturales, reduciendo así los riesgos de incendios catastróficos incontrolables.
- **La destrucción de los bosques seguramente provocará cambios significativos en las condiciones del tiempo y el clima y por lo tanto en los ecosistemas y la producción de alimentos.** Existen por eso múltiples razones para priorizar la protección de los bosques, y los gobiernos necesitan garantizar la cooperación coordinada y efectiva entre los diversos foros nacionales, regionales e intergubernamentales que abordan los temas del cambio climático, los bosques, la biodiversidad, el desarrollo y el hambre.
- **El exceso de nitrógeno puede estimular la respiración del suelo en los bosques tropicales, conduciendo a incrementos significativos de las emisiones de carbono.** Los impactos de la contaminación del nitrógeno sobre los bosques deben incluirse en los análisis que sustentan el desarrollo de medidas de mitigación del cambio climático. Se debe poner fin al uso de fertilizantes en el manejo de los bosques.
- **El almacenamiento de carbono en los bosques no puede entenderse como una solución permanente ni de largo plazo al cambio climático.** Evitar la deforestación es importante, tanto en términos de mitigación del cambio climático en el corto plazo, como para proteger la biodiversidad del planeta. Sin embargo, eso no puede sustituir lo importante que es mantener el carbono fósil bajo el subsuelo. Los gobiernos deben implementar una moratoria a todo tipo de financiación pública y subsidios para la exploración de petróleo, carbón y gas, e introducir rápida y progresivamente subsidios para las energías alternativas limpias; y la CMNUCC debe priorizar políticas y mecanismos tendientes a eliminar progresivamente el uso de combustibles fósiles y promover alternativas.
- **Sustituir los bosques maduros por plantaciones no es una opción.** En el mejor de los casos, las plantaciones de árboles almacenan un 20% del carbono que almacenan los bosques maduros. La definición de bosques de FAO debe ser revisada inmediatamente, para excluir explícitamente las plantaciones. La inclusión de las plantaciones en las políticas y proyectos REDD, por ejemplo, podría conducir a la sustitución continua de bosques maduros por plantaciones.
- **La industria maderera se equivoca al promover el uso de los productos de la madera como sustitutos de bienes intensivos en combustibles fósiles (WBCSD, 2007).** Esto alienta la expansión de plantaciones que almacenan niveles mínimos de carbono, y que en todo caso son taladas en unas pocas décadas. También provoca un incremento de la demanda de productos de madera sin importar la fuente, haciendo que para los gobiernos sea más difícil detener la deforestación.
- **Urge enfrentar las fuerzas motrices directas y subyacentes de la deforestación** Los gobiernos se deberían centrar en detener la deforestación industrial reduciendo el consumo y la demanda nacional e internacional de productos forestales. Ellos deberían abordar también el problema de la inseguridad en la tenencia de la tierra, reconocer los derechos de los Pueblos Indígenas a la tierra y el territorio; eliminar las normas de liberalización comercial y de las inversiones que alientan la deforestación; poner fin a la corrupción; y promover la re-utilización y el reciclaje de productos de madera y papel (para retardar la emisión del carbono almacenado a la atmósfera).
- **La administración forestal debe promover los programas de reforestación y restauración comunitaria de bosques.** Cualquier propuesta de mitigación del cambio climático tendiente a aumentar la cobertura forestal debería centrarse en programas comunitarios de reforestación y restauración, que utilicen diversas especies nativas (para más detalles ver ATI, 2008).

glosario

Es posible acceder al glosario de la CMNUCC en el sitio:
http://unfccc.int/essential_background/glossary/items/3666.php

AC	Aplicación Conjunta
CGIAR	Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FOEI	Amigos de la Tierra Internacional - ATI
GEI	Gas de Efecto Invernadero
LUCF	Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura
LULUCF	Uso del Suelo, Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura (Land Use, Land Use Change and Forestry)
PICC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
REDD	Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación en los países en desarrollo

Miembros de la familia Allcock del bosque Iwokrama en Guyana.



referencias

- Alig *et al.* (2004). Climate Change Impacts and Adaptation in Forestry: Responses by Trees and Markets, Ralph Alig, Darius Adams, Linda Joyce, y Brent Sohngen, Choices, 3º trimestre, 2004 www.choicesmagazine.org/2004-3/climate/2004-3-07.htm
- ANU E Press (2008). Green Carbon, the role of natural forests in carbon storage, Australian National University, 2008, http://eprints.anu.edu.au/green_carbon/pdf/prelims.pdf
- ASC & MNHC (2005). The Ecological Effects of Forest Fires, Forest Fire in the US Northern Rockies: a primer, Avian Science Center y Montana's Natural History Center, página web visitada el 17 de noviembre de 2008, última actualización de 2005, <http://northernrockiesfire.org/effects.htm>
- Bachelet *et al.* (2004). Regional Differences in the Carbon Source-Sink: Potential of Natural Vegetation in the USA, D Bachelet, RP Neilson, JM Lenihan, RJ Drapek, Environmental Management, 33: S23-S43, citado por Sohngen *et al.*, 2007.
- Biofuelwatch (2008). Factsheet 1: South-east Asia's Peat Fires and Global Warming, Biofuelwatch, Reino Unido, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008 www.biofuelwatch.org.uk/peatfiresbackground.pdf
- Boisvenue y Running (2006). Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century. C Boisvenue y SW Running, Global Change Biology, 12: 862-882. Citado por Sohngen *et al.*, 2007.
- Claeys *et al.* (2004). Formation of Secondary Organic Aerosols Through Photooxidation of Isoprene, M Claeys, M Graham, G Vas, W Wang, R Vermeylen, V Pashynska, J Cafmeyer, P Guyon, MO Andreae, P Artaxo, y W Maenhaut, 2004. Science, 303, 1173 (2004), www.sciencedaily.com/releases/2004/02/040226071042.htm Citado por GFC, 2007.
- Cleveland y Townsend (2006). Nutrient additions to a tropical rain forest drive substantial soil carbon dioxide losses to the atmosphere, C Cleveland y A Townsend, julio 2006, Vol. 103, No. 27, Actas de la Academia Nacional de Ciencias, www.pnas.org/cgi/reprint/103/27/10316.pdf
- Crozier (2002). Climate change and its effect on species range boundaries: A case study of the Sachem Skipper butterfly, *Atalopedes campestris*. L Crozier, TL Root y SH Island Press. Citado en Alig *et al.*, 2004.
- Defra/ARIC, 2008. Climate Change Fact Sheet Series: Climate Change, Hydrology and Water Resources, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs / Atmosphere Climate and Environment Information Programme, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008, www.ace.mmu.ac.uk/Resources/Fact_Sheets/Key_Stage_4/Climate_Change/17.html
- Dixon *et al.* (1994). Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. RK Dixon, AM Solomon, S Brown, RA Houghton, MC Trexler y J Wisniewski, 1994. Science Vol. 263 No. 5144 pp 185-19, www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/263/5144/185 Citado por Coalición Mundial de Bosques (GFC), 2007.
- DSF (2008). Fire suppression, David Suzuki Foundation, sitio web visitado el 17 de noviembre de 2008. http://www.davidsuzuki.org/Forests/Forests_101/FIRE/Suppression.asp
- EIA (2008). What are Greenhouse Gases?, Energy Information Administration, gobierno de EE.UU., sitio web visitado el 10 de marzo de 2008, www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggcebro/chapter1.html
- Environment Canada (2008). Technical Supplement: Number of forest fires in Canada and area burned. Environment Canada, http://www.ec.gc.ca/soer-ree/English/Indicator_series/techs.cfm?issue_id=1&tech_id=38
- FAO (2005). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005, FAO, 2005, www.fao.org/forestry/foris/data/fra2005/kf/common/GlobalForestA4-ESsmall.pdf
- FAO (2008). Los Bosques y la Reducción de la Pobreza, sitio web visitado el 6 de marzo de 2008 www.fao.org/forestry/site/livelihoods/es/
- FAO (2008b). Los bosques sufren fenómenos meteorológicos extremos y más incendios, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008 http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/article_1000249es.html
- FFIF (1995). The Way of Wood; Forest Industry and the Environment, Finnish Forest Industries Federation, Helsinki, Finlandia, 1995. Apparently now not se encuentra disponible, pero citado en Forests and Climate Change, Amigos de la Tierra Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte, www.foe.co.uk/resource/briefings/forests_climate_change.html
- FOEI (2008). Gestión Comunitaria de Bosques: "Entre la resistencia y las propuestas de uso sustentable", Amigos de la Tierra Internacional, julio de 2008, <http://www.foei.org/en/publications/forests>
- Forestry Commission (2002). Climate Change: impacts on UK forests, Mark Broadmeadow, Forestry Research, Alice Holt. Poster preparado para el Segundo Foro UKCIP User, Londres, 8-9 de mayo de 2002. [www.forestryresearch.gov.uk/pdf/cchg_UKCIP_poster.pdf/\\$FILE/cchg_UKCIP_poster.pdf](http://www.forestryresearch.gov.uk/pdf/cchg_UKCIP_poster.pdf/$FILE/cchg_UKCIP_poster.pdf)
- GD (2008). How Old is that Tree? The Gymnosperm Database, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008. www.conifers.org/topics/oldest.htm
- GFC (2007). El Verdadero Costo de los Agrocombustibles: alimentos, bosques y clima, R Smolker *et al.*, Coalición Mundial de Bosques (GFC), diciembre de 2007 www.globalforestcoalition.org/img/userpics/File/publications/TheRealCostofAgrofuels.pdf
- Gitay *et al.* (2001). Los Ecosistemas y sus Servicios. Capítulo 5 de Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribuciones del Grupo de Trabajo II al III Informe de Evaluación del IPCC. Citado en Sohngen *et al.*, 2007.
- Gorham (1991). Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming, Gorham, E, Ecological applications 1: 182-195. Citado por GFC, 2007. www.esajournals.org/doi/abs/10.2307/1941811
- Grainger (2008). Difficulties in tracking the long-term global trend in tropical forest area, Alan Grainger, Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, Publicado en Internet antes de su impresión, 9 de enero de 2008, doi: 10.1073/pnas.0703015105, PNAS 15 de enero, 2008 vol. 105 no. 2 818-823 <http://www.pnas.org/content/105/2/818.abstract>
- Guardian (2008). Trees absorbing less CO₂ as world warms, study finds. James Randerson, 3 de enero de 2008, www.guardian.co.uk/environment/2008/jan/03/climatechange.carbonemissions
- Hansen y Dale (2001). Biodiversity in US Forests under Global Climate Change. Andrew Hansen y Virginia Dale, Ecosystems (2001) 4: 161-163, www.usgcrp.gov/usgcrp/Library/nationalassessment/forests/Ecosystems%201%20Hansen%20and%20Dalen.pdf
- Hetherington (1987). The importance of Forests in the Hydrological Regime. ED Hetherington, 1987. En Canadian Aquatic Resources. MC Healy y RR Wallace (eds). Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, Ontario, 179-211. Citado en Streamline, 2003.
- Holmes (2007). Climate change is killing US forests, B Holmes, New Scientist, 21 de septiembre de 2007, edición no 2622. environment.newscientist.com/channel/earth/climate-change/mg19526224.600-climate-change-is-killing-us-forests.html
- Hooijer *et al.* (2006). Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943, A Hooijer, M Silvius, H Wösten y S Page. 2006. PEAT- CO₂, 2006, www.wldelft.nl/cons/area/rbm/PEAT-CO2.pdf
- IPCC (2001). Cambio Climático 2001: Grupo de Trabajo I: Los Fundamentos Científicos, citado por Energy Information Administration, Gobierno de EE.UU. en www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggcebro/chapter1.html
- IPCC (2001a). Cambio Climático 2001: Grupo de Trabajo II: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad, http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/242.htm
- IPCC (2006). Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero 2006, Glosario http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_2_Glossary.pdf
- IPCC (2007). Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis, www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf
- IPCC (2007b). Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2007: los fundamentos científicos físicos, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm> Capítulo 7 disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf>
- Kirschbaum (1998). Impacts of climate change in the growth and ecology of tropical forests. AGRIS record PH2000101032, International Conference on Tropical Forests and Climate Change, Filipinas, 19-22 de octubre de 1998. www.fao.org/agris/gfis/showresource?agrisuri=/2000/v2609/PH2000101032.xml&index=PH2000101032
- Laurance y Williamson (2002). Positive Feedbacks among Forest Fragmentation, Drought, and Climate Change in the Amazon, William F. Laurance y G. Bruce Williamson, Conservation Biology, Vol 15, Número 6, pp1529-1535, 2002, <http://www3.interscience.wiley.com/journal/118983888/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>
- Mahli *et al.* (2008). Climate change and the fate of the Amazon, compilado por Yadvinder Malhi, Richard Betts y Timmons Roberts. Número especial de Philosophical Transactions of the Royal Society. Volumen 363, Número 1498 / 27 de mayo de 2008
- Melillo *et al.* (1993). Global climate change and terrestrial net primary production, JM Melillo, AD McGuire, DW Kicklighter, B Moore III, CJ Vorosmarty y AL Schloss. Nature, 363: 234-240, citado en Sohngen *et al.* 2007.
- Mongabay (2008). Rainforest Diversity – Origins and Implications. Sitio web visitado el 10 de marzo de 2008, rainforests.mongabay.com/0301.htm
- Mongabay (2008b). Tropical Primary Forest Loss, 2000-2005, sitio web visitado el 6 de marzo de 2008, http://rainforests.mongabay.com/primary_alpha.html Estas cifras resultan de información obtenida de "Evaluación de los Recursos Forestales 2005", de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Mongabay (2008c). Carbon uptake by temperate forests declining due to global warming. 3 de enero de 2008, news.mongabay.com/2008/0103-carbon.html

referencias

continuado

- Nepstad *et al.* (2008). Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point, Daniel C Nepstad, Claudia M Stickler, Britaldo S Filho, Frank Merry
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, journals.royalsocietypublishing.org/content/d7330302566g25u3/, citado en www.mongabay.com
- Norby *et al.* (2005). Forest response to elevated CO₂ is conserved across a broad range of productivity. Richard J. Norby, Evan H. DeLucia, Birgit Gielen, Carlo Calfapietra, Christian P. Giardina, John S. King, Joanne Ledford, Heather R. McCarthy, David J. P. Moore, Reinhart Ceulemans, Paolo De Angelis, Adrien C. Finzi, David F. Karnosky, Mark E. Kubiske, Martin Lukac, Kurt S. Pregitzer, Giuseppe E. Scarascia-Mugnozza, William H. Schlesinger y Ram Oren. 13 de diciembre de 2005, Actas de la Academia Nacional de Ciencias, Vol 102, No 50, 18052-18056, www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/50/18052?ijkey=ce48d3246b2ca02ce7c73be19f350b0e04c1a934&keytype=tf_ipsecsha
- NSF (2007). Northern Forests Less Effective Than Tropical Forests in Reducing Global Warming, National Science Foundation, comunicado de prensa 07-071, 21 de junio de 2007, www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=109647
- Page *et al.* (2002). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, Susan E. Page, Florian Siegert, John O. Rieley, Hans-Dieter V. Boehm, Adi Jaya y Suwido Limin, 2002, Nature 420, 61-65, 7 de noviembre de 2002, <http://www.nature.com/nature/journal/v420/n6911/abs/nature01131.html>
- Pallas (1965). Transpiration and Stomatal Opening with Changes in Carbon Dioxide Content of the Air, JE Pallas Jr, Science, Vol 147 no 3654, pp171-173, 8 de enero de 1965, www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/147/3654/171
- Palm *et al.* (1999). Carbon Sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land uses in the humid tropics, Palm *et al.*, ASB Grupo de Trabajo en Cambio Climático, CGIAR, Informe Final, Fase II, www.asb.cgiar.org/pdfwebdocs/Climate%20Change%20WG%20reports/Climate%20WG%20report.pdf
- Phillips *et al.* (2008). The changing Amazon forest, Oliver L Phillips, Simon L Lewis, Timothy R Baker, Kuo-Jung Chao y Niro Higuchi, Philosophical Transactions of the Royal Society B, <http://journals.royalsocietypublishing.org/content/7135u3615654701/fulltext.pdf>, citado por Mongabay.com
- Piao *et al.* (2007). Net carbon dioxide losses of northern ecosystems in response to autumn warming, Shilong Piao, Philippe Ciais, Pierre Friedlingstein, Philippe Peylin, Markus Reichstein, Sebastiaan Luysaert, Hank Margolis, Jingyun Fang, Alan Barr, Anping Chen, Achim Grelle, David Y. Hollinger, Tuomas Laurila, Anders Lindroth, Andrew D. Richardson & Timo Vesala, 3 de enero de 2008, Nature 451, 49-52, www.nature.com/nature/journal/v451/n7174/full/nature06444.html
- Picard-Aitken (2007). Curbing deforestation 'key' to fighting climate change, Science DOI: 10.1126/science.1136163, citado por Michelle Picard-Aitken, 11 de mayo de 2007, www.SciDev.net, www.scidiv.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=3612&language=1
- Pike (2003). Forest Hydrology Cycle Basics, Robin Pike, Streamline: Watershed Management Bulletin, Vol 7, No 1, invierno de 2003, www.forrex.org/streamline/ISS24/streamline_vol7_no1.pdf
- Ramsar (2008). Sitio Web de Humedales, Convención Ramsar visitado el 23 de octubre de 2008, www.wetlands.org/Aboutwetlandareas/Differenttypesofwetlands/Peatlands/tabid/1362/language/en-US/Default.aspx
- Scholze *et al.* (2006). A climate-change risk analysis for world ecosystems, M Scholze, W Knorr, NW Arnell, IC Prentice, 21 de agosto de 2006, Actas de la Academia Nacional de Ciencias, vol 103, no 35, www.pnas.org/cgi/content/full/103/35/13116, citado en (Sohngen *et al.*, 2007).
- Ramsar (2008b). Humedales y la Convención Ramsar, Convención Ramsar sobre Humedales, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008, www.ramsar.org/types_peatlands.htm
- ScienceDaily (2007). Wildfire Drives Carbon Levels in Northern Forests, Science Daily, 5 de noviembre de 2007, www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071031152918.htm
- ScienceDaily (2007b). Harmful Byproducts Of Fossil Fuels Could Be Higher In Urban Areas, 23 de octubre de 2007, Science Daily, www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071022151535.htm, citado por (GFC, 2007).
- Sohngen *et al.* (2007). The forest sector, climate change, and the global carbon cycle – Environmental and Economic Implications, B Sohngen, R Alig y B Solberg, http://aede.osu.edu/people/sohngen.1/forests/Forestry_Climate_Survey_2007_v4.pdf
- Stern (2006). Stern Review on the Economics of Climate Change, Chapter 25. HM Treasury, UK. Sitio web visitado el 6 de marzo de 2008, http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_final_report.htm
- SPPA. UN climate advisory body IPCC drops classification of peat as fossil fuel, Asociación de Productores de Turba de Suecia, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008, www.torvproducenterna.se/index-ENG.shtml
- SPPAb. IPCC's standpoint on peat. Actas publicadas en el sitio web de la Asociación de Productores de Turba de Suecia, visitado el 10 de marzo de 2008, www.torvproducenterna.se/PRESS/Press%20eng/IPCCs%20standpoint.pdf
- Terradaily (2007). Scientists Close in on Missing Carbon Sink, Terradaily, junio de 2007, www.terradaily.com/reports/Scientists_Close_In_On_Missing_Carbon_Sink_999.html
- UNEP (2007). Peatland Management is a Quick and Cost-Effective Measure to reduce 10% of global greenhouse gas emissions, comunicado de prensa de PNUMA/CDB titulado Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change, diciembre de 2007, www.gecnet.info/view_file.cfm?fileid=1034
- WBCSD (2007). The Sustainable Forest Products Industry: carbon and climate change. World Business Council for Sustainable Development, 2007, Suiza, <http://www.wbcsd.org/DocRoot/X1ZvkdDg49bOXKoXW8P/sfpi-carbon-climate.pdf>
- WCFSD (1999). Current Global Distribution of Forests, Comisión Mundial de Bosques y Desarrollo Sustentable, abril 1999, www.iisd.org/wcfsd/currentforests.htm
- Westerling *et al.* (2006). Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity, AL Westerling, HG Hidalgo, DR Cayan, TW Swetnam, Science, 18 de agosto de 2006, Vol 313 No 5789, pp940-943, www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/313/5789/940
- WHRC (2008). Understanding the Global Carbon Cycle, Woods Hole Research Center, sitio web visitado el 10 de marzo de 2008, www.whrc.org/carbon/index.htm
- WRI (2005). Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, World Resources Institute, 1 de diciembre de 2005, Washington DC, ISBN: 1-56973-599-, www.wri.org/publication/navigating-the-numbers
- WRI (2008). Losses of Biodiversity and their Causes. World Resources Institute, sitio web visitado el 14 de noviembre de 2008, <http://www.wri.org/publication/content/8184>
- WWF (2007). The Amazon's vicious cycles: drought and fire in the greenhouse – ecological and climatic tipping points of the world's largest tropical rainforest, and practical preventive measures, Daniel C Nepstad para la WWF, 2007, www.eldis.org/go/display&type=Document&id=34891
- Zhou *et al.* (2006). Old Growth Forests can Accumulate Carbon in Soils. G Zhou, S Liu, Z Li, X Tang, C Zhou, J Yan, y J Mo. 2006. Science 314: 1417, www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/314/5804/1417

Monocultivo de palma aceitera, Kalimantan Occidental.



© niko hendri gopren de waihi kalbar

www.foei.org



**Amigos de
la Tierra
Internacional**