

unasyuva



Organización
de las Naciones Unidas
para la Agricultura
y la Alimentación

Revista internacional
de silvicultura
e industrias
forestales

Vol. 62

2011/2

238

MEDIR LA DEGRADACIÓN
DEL BOSQUE

EN ESTE NÚMERO...

El proyecto Operación Acacia, en primer plano



El proyecto Operación Acacia, una iniciativa colaborativa entre países, partes locales interesadas y la FAO, ha consistido en plantar y ordenar los bosques de Acacia en tierras áridas. El proyecto ha contribuido a la lucha contra la desertificación y ha redundado en beneficios socioeconómicos para las comunidades locales.

- Lea la noticia sobre el proyecto en la página 66.
- Vea un video en www.youtube.com/watch?v=AfbM-DNMnNg
- Más información acerca de las actividades forestales en zonas áridas y la desertificación en <http://www.fao.org/forestry/aridzone/es/>
- Descargue la nueva publicación *Highlands and drylands – mountains, a source of resilience in arid regions* en www.fao.org/docrep/014/i2248e/i2248e00.pdf

Acacia tortilis en un paisaje desértico, el Níger



Organización
de las Naciones Unidas
para la Agricultura
y la Alimentación

Revista internacional
de silvicultura
e industrias
forestales

Vol. 62
2011/2

238

Redactora: R. Obstler

Junta Consultiva sobre Política de Edición:

P. Csoka, L. Flejzor, T. Hofer, F. Kafeero,
W. Kollert, R. Obstler, E. Rametsteiner, S. Rose,
J. Tissari, P. van Lierop, P. Vantomme, M.L. Wilkie

Consejeros eméritos: J. Ball, I.J. Bourke,

C. Palmberg-Lerche, L. Russo

Asesores regionales: F. Bojang, C. Carneiro,
P. Durst, M. Saket

Unasylva se publica en español, francés e inglés.

Unasylva ya no es una publicación de pago.

Se puede solicitar una suscripción gratuita mediante correo electrónico, dirigiendo un mensaje a unasylva@fao.org. Se prefieren las peticiones de suscripción de instituciones (bibliotecas, empresas, organizaciones, universidades) a las solicitudes individuales, con el fin de que la publicación sea accesible a un mayor número de lectores.

Todos los números de *Unasylva* se pueden consultar gratuitamente en línea en: www.fao.org/forestry/unasylva

Las observaciones y consultas serán bien recibidas: unasylva@fao.org

Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita del Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en materia de Publicaciones, Oficina de Intercambio de Conocimientos, Investigación y Extensión de la FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la FAO.

Los pedidos de publicaciones de la FAO reseñadas en *Unasylva* se han de dirigir al Grupo de Ventas y Comercialización, Oficina de Intercambio de Conocimientos, Investigación y Extensión, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma (Italia).
Tel.: (+39) 06 57051;
Fax: (+39) 06 5705 3360;

Télex: 625852/625853/610181 FAO I;
Correo electrónico: publications-sales@fao.org

Cubierta: Imágenes LANDSAT que demuestran la fragmentación del bosque. Cubierta anterior: 1990; cubierta posterior, de arriba abajo: 1990, 2000, 2005. Cortesía de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio y del Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Índice

Editorial	2
<i>M. Simula y E. Mansur</i> Un desafío mundial que reclama una respuesta local	3
<i>L. Laestadius, P. Potapov, A. Yaroshenko y S. Turubanova</i> La alteración mundial de los bosques, desde el espacio	8
<i>A. Gerrard, E. Lindquist y R. D'Annunzio</i> Un estudio por teledetección permite actualizar los cálculos de pérdidas de superficies forestales	14
<i>M. Herold, R.M. Román-Cuesta, V. Heymell, Y. Hirata, P. Van Laake, G.P. Asner, C. Souza, V. Avitabile y K. MacDicken</i> Examen de los métodos para la medición y el seguimiento de las emisiones históricas de carbono producidas por la degradación forestal	16
<i>I. Thompson</i> Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal	25
<i>K.P. Acharya, R.B. Dangi y M. Acharya</i> Análisis de la degradación del bosque en Nepal	31
<i>C.L. Meneses-Tovar</i> El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque	39
<i>L. Laestadius, S. Maginnis, S. Minnemeyer, P. Potapov, C. Saint-Laurent y N. Sizer</i> Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal	47
<i>R. Nasi y N. van Vliet</i> Medición de la abundancia de poblaciones silvestres en las concesiones madereras del África central	49
Sección especial sobre el Año Internacional de los Bosques	56
Actividades forestales de la FAO	59
El mundo forestal	63
Libros	68

Medir la degradación del bosque

Unasylva cierra el Año Internacional de los Bosques publicando una selección de trabajos elaborados originalmente para un estudio especial, realizado por la FAO y sus asociados, sobre la degradación del bosque.

Aunque es más compleja de definir y de medir que la deforestación, la degradación del bosque es un problema serio, comparable a aquélla por su alcance. Las repercusiones de la degradación son perjudiciales para el ecosistema forestal y para los bienes y servicios que este ecosistema proporciona. Muchos de los bienes y servicios forestales tienen que ver con el bienestar humano o con el ciclo mundial del carbono y el agua, y por consiguiente con la vida sobre la Tierra.

Los países precisan disponer de información sobre la degradación del bosque. Para determinar un orden de prioridades en la asignación de unos recursos humanos y financieros escasos destinados a la prevención de la degradación y a la restauración y rehabilitación de los bosques degradados, los países necesitan conocer los cambios que ocurren en el bosque. Esta información les permitirá supervisar la evolución de las alteraciones forestales, saber qué lugares están siendo afectados por la degradación, cuáles son sus causas y cuál es la gravedad de sus efectos.

La meta del estudio fue la constitución de un cuerpo de indicadores aceptables, fácilmente mensurables, que suministrasen a los países una información fidedigna sobre la situación de la degradación forestal. La investigación inició como un estudio especial realizado en el ámbito de la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por su sigla en inglés) 2010, que se convirtió más adelante en una iniciativa de múltiples asociados, dirigida por miembros de la Asociación de Colaboración en materia de Bosques (ACB), y en la que cooperaron otros socios: los países, el Programa de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones por deforestación y degradación en los países en desarrollo (REDD) y la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal.

Uno de los principales resultados del estudio fue la redacción de *Assessing forest degradation – towards the development of globally applicable guidelines*, un documento de trabajo que persigue proporcionar orientaciones a organismos forestales y a otras partes interesadas para la medición de la degradación del bosque. La publicación puede ser utilizada para la elaboración de programas de evaluación de la degradación y ha de considerarse una investigación precursora encaminada a la formulación de un conjunto de directrices exhaustivas sobre la degradación forestal, aplicables en todo el mundo en el futuro.

En el estudio se admite que la degradación del bosque significa múltiples cosas para diferentes individuos, y que el sentido de este concepto depende del punto de vista que se adopte o de los intereses que las personas puedan tener en el bosque. En consecuencia, ha sido necesario diseñar métodos de medición de la degradación forestal que reflejasen estas diversas perspectivas. Los artículos contenidos en el presente número de *Unasylva* demuestran el amplio abanico de las competencias y opiniones que profesan los investigadores invitados a participar en el estudio.

En un artículo introductorio general, M. Simula y E. Mansur exponen el problema de la degradación del bosque, formulan algunas observaciones relativas a su evaluación —incluida la escala espacial y temporal de este fenómeno—, y establecen una línea de referencia que sirve como patrón para la comparación de las mediciones.

L. Laestadius *et al.* proponen a los lectores ver la degradación del bosque a través del ojo del satélite. Los autores presentan un método para la recolección de informaciones sobre la degradación y demuestran que solo el análisis de las imágenes, hecho por expertos, puede suministrar informaciones acerca del alcance de las perturbaciones ocasionadas por el hombre en los grandes paisajes forestales.

Los métodos recomendados para medir la degradación del bosque con frecuencia abarcarán tanto el análisis de las imágenes de telepercepción como los protocolos de validación de dichos análisis por medio de estudios sobre el terreno. Sin embargo, ya sea el primero o el segundo de estos métodos a menudo conlleva dificultades, especialmente en los países en desarrollo. M. Herold *et al.* sugieren que para rellenar los vacíos en los datos los países han de combinar el análisis de las imágenes de telepercepción captadas a lo largo del tiempo con un ciclo coherente de encuestas sobre el terreno realizado en el momento presente.

Un indicador de la degradación forestal puede ser la pérdida de biodiversidad, la merma de la salud y el potencial productivo o protector del bosque, o el menoscabo de su valor estético. En los dos artículos siguientes este problema se examina desde la perspectiva del ecosistema. I. Thompson describe la resiliencia de los ecosistemas forestales y la forma en que los bosques pueden perder su capacidad de recuperación en el tiempo si no se presta la debida atención al mantenimiento de la biodiversidad y se impide que el ecosistema llegue a un umbral o punto crítico de inflexión. K.P. Acharya, R.B. Dangi y M. Acharya analizan el caso de Nepal, un país con una rica tradición de alrededor de 60 años en materia de encuestas forestales sobre el terreno. Entre los elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible abordados en esas encuestas, los servicios del ecosistema forestal rara vez han figurado como una forma de valorar la degradación.

Los dos artículos finales también se basan en gran parte en los análisis de datos terrestres. C.L. Meneses-Tovar investiga la salud de los bosques describiendo una iniciativa mexicana de exploración forestal que consiste en aplicar un índice de degradación al análisis de las imágenes de satélite, y en comparar este índice con datos derivados de encuestas sobre el terreno para medir los cambios en el «verdor» del bosque. R. Nasi y N. van Vliet examinan las técnicas de medición y seguimiento de la vida silvestre en las concesiones madereras del África central. Partiendo de la experiencia de caminatas a lo largo de transectos trazados en el bosque y de la cuenta de las bolitas excrementicias de los animales, los autores explican a los lectores las técnicas para hacer el seguimiento y someter la vida silvestre a un manejo eficaz.

En artículos breves se presenta un importante estudio sobre interpretación de las imágenes de telepercepción y los cambios en la cubierta forestal y el uso de la tierra; y un procedimiento que permite aprovechar esos datos para construir un mapa de las numerosas oportunidades que ofrece la restauración del paisaje forestal.

Esperamos pues poder concluir afirmando que el futuro encierra oportunidades formidables. El estudio especial preveía que, gracias a la creación de capacidades para evaluar, monitorizar y presentar informes de la degradación del bosque, los países estarán en condiciones de reducir el ritmo actual de este fenómeno y de poner en marcha campañas eficaces de restauración forestal. En los lugares en donde es posible restaurar el bosque degradado estas iniciativas no solo aumentan la calidad y el número de los bienes y servicios forestales, sino que también refuerzan la resiliencia y la capacidad del bosque de soportar las alteraciones de origen natural o antrópico, incluidas las que han sido causadas por el cambio climático.

Un desafío mundial que reclama una respuesta local

M. Simula y E. Mansur

Gracias a un enfoque común para definir y medir la degradación de los bosques es posible hallar soluciones excepcionales para combatirla.



E. MANSUR

La degradación forestal es un proceso de cambios perjudiciales para las características del bosque

En los países en desarrollo en particular, la degradación de los bosques constituye un grave problema ambiental, social y económico. Es, sin embargo, un problema difícil de definir y de evaluar. La degradación es objeto de apreciaciones y percepciones diferentes por las distintas partes interesadas, las cuales persiguen objetivos que son variados a su vez. La degradación es un concepto técnico y científicamente delicado de definir, y la definición que la describa puede tener implicaciones políticas que hacen aún más ardua la tarea de llegar a un consenso y elaborar un conjunto de enfoques comunes válidos tanto en la esfera internacional como nacional.

La cuantificación de la magnitud de la degradación forestal es dificultosa

porque la degradación obedece a muchas causas y ocurre de formas y con grados de intensidad diversos. Diez años atrás, la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT, 2002) estimaba que hasta 850 millones de hectáreas de bosque tropical y tierras forestales podían estar degradadas. Esa cantidad es superior a la de la superficie actual de bosques tropicales no degradados.

No obstante, últimamente la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal (Laestadius *et al.*, 2011) ha indicado que en todo el mundo más de 2 000 millones de hectáreas de tierras forestales que fueron o totalmente taladas

Markku Simula es Profesor Ayudante, Facultad de Agricultura y Montes, Universidad de Helsinki.

Eduardo Mansur es Director Asistente, Reforestación y Ordenación Forestal, Organización Internacional de las Maderas Tropicales, Yokohama (Japón).



El bosque degradado de una persona representa el medio de subsistencia de otra

a lo largo de los siglos o se hallan en estado de degradación ofrecen oportunidades para llevar a cabo acciones que podrían conducir a su restauración (véase Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal, en este mismo número).

En la práctica, lo esencial a la hora de abordar la degradación de los bosques, entendida como desafío mundial, debería ser la respuesta que se dé a este fenómeno a nivel local.

¿POR QUÉ ES LA DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES UN ASUNTO IMPORTANTE?

Los bosques proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos, tales como la protección del suelo contra la erosión, la regulación del régimen hidrológico, el suministro de agua dulce, la captura y almacenamiento de carbono, la producción de oxígeno y el mantenimiento de los hábitats para amparo de la biodiversidad. Además, la producción de productos a base de madera, fibras y diversos otros productos no madereros es determinante para la satisfacción de las necesidades de la población humana mundial relacionadas con la provisión de estructuras de resguardo, las comunicaciones, el envasado, la alimentación y numerosos otros usos.

Hay en las zonas tropicales alrededor de 300 millones de personas —pueblos indígenas, comunidades locales, colonos y pequeños agricultores— cuyos medios de subsistencia dependen de bosques degradados y de tierras forestales; estos individuos viven a menudo en una situación de pobreza extrema (OIMT, 2002). Si las áreas degradadas fuesen objeto de

un régimen de ordenación sostenible, ello contribuiría no solo a la adaptación al cambio climático y a la mitigación de sus efectos sino también a la creación de empleos e ingresos para millones de personas.

Tal y como lo demuestran algunos estudios regionales y nacionales, la degradación de los bosques es una de las principales causas de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero su importancia no ha sido cuantificada a escala mundial.

¿QUÉ ES LA DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES?

Las formas de estimar la degradación forestal son tan variadas como las causas que la determinan. Es por lo tanto difícil encontrar un enfoque común para definir la degradación forestal: el bosque degradado de una persona representa el medio de subsistencia de otra. Por ejemplo, para un especialista en protección del medio ambiente, todo cambio en el bosque natural producido por la acción humana puede constituir «degradación». Con arreglo a un criterio exclusivamente basado en la biodiversidad, un bosque plantado y ordenado de forma sostenible podría ser visto como un bosque degradado. En consecuencia, la degradación es un concepto relativo que cabe vincular con los principales objetivos de la ordenación.

Una reunión de expertos (FAO, 2002) formuló la siguiente definición común de la degradación forestal: [la degradación forestal es] *la reducción de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios*.

Sin embargo, ha sido difícil traducir esta definición genérica en actuaciones prácticas. En la realidad, el lugar central ha sido dado a la productividad, a la biomasa o a la biodiversidad. Las definiciones que se refieren a los múltiples beneficios de los bosques pueden tratar los valores forestales de manera exhaustiva, pero cuando se persiguen propósitos internacionales la aplicación de modo coherente y transparente de las definiciones tropieza con dificultades. Un problema particular es la definición de los umbrales de degradación de bosques degradados y no degradados, en especial en lo relacionado con las negociaciones internacionales sobre el cambio climático.

Desde la perspectiva de la presentación de informes forestales destinados a entidades internacionales, sería oportuno disponer de una definición de degradación coherente, comparable y armonizada. Sin embargo, las circunstancias nacionales tienen consecuencias en la aplicabilidad de definiciones que han sido pactadas en el ámbito internacional. Con todo, la definición de degradación forestal mencionada más arriba es compatible con un enfoque de los servicios del ecosistema, y como tal sirve de paraguas internacional y de marco común para la elaboración de interpretaciones más específicas para propósitos particulares.

¿POR QUÉ DEBE EVALUARSE LA DEGRADACIÓN DEL BOSQUE?

La degradación del bosque supone un proceso de cambios que es perjudicial para las propiedades de este, puesto que reduce el valor y la producción de los bienes y servicios forestales. El proceso degradador responde a fenómenos de perturbación (aunque no todas las formas de perturbación ocasionan degradación) cuyo origen, magnitud, gravedad, calidad y frecuencia pueden variar. Las perturbaciones pueden ser de carácter natural (p. ej., el fuego, las tormentas o la sequía) o de origen humano (p. ej., las actividades de explotación, la construcción de caminos, la agricultura migratoria, la caza o el pastoreo), o combinar ambas modalidades. Las perturbaciones de origen humano pueden ser intencionadas (directas), tales como la extracción maderera o el

pastoreo, o no intencionadas (indirectas) como la difusión de una especie exótica invasora (FAO, 2009). Es necesario saber si el bosque está sufriendo degradación, y en el caso de que así sea es menester establecer sus causas y determinar hasta qué punto ha padecido el ecosistema repercusiones adversas a fin de tomar medidas que detengan e inviertan el proceso. La información sobre la degradación también es necesaria para eventualmente reformar las políticas nacionales susceptibles de conducir directa o indirectamente a una situación de degradación.

Se ha pedido a los países comunicar en varios foros internacionales la situación de sus bosques y las medidas que han decidido tomar para hacer frente a este problema. La Décima Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, por ejemplo, aprobó el Plan estratégico para la biodiversidad 2011-2020 y sus Metas de Aichi para la biodiversidad, incluida la reducción de la degradación de los bosques. Para comprobar si las metas han sido alcanzadas se requiere llevar a cabo un proceso eficaz de seguimiento y presentación de informes.

El acuerdo que crea un mecanismo conexo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y que persigue reducir las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la deforestación y la degradación de los bosques (REDD+) representa una razón más para medir la degradación forestal. REDD+ es un mecanismo capaz de generar fondos cuantiosos para reducir la degradación

de los bosques y restaurar o mejorar la ordenación forestal en los países en desarrollo (e incrementar así la absorción de carbono por el bosque). La forma que adopte la definición de degradación tendrá pues implicaciones significativas en el volumen de la financiación y en la distribución de los beneficios que las respectivas partes interesadas puedan recibir.

¿CÓMO EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES?

Los artículos de este número de *Unasylva* ofrecen una información a fondo sobre la evaluación de la degradación los bosques desde el punto de vista de la productividad, biodiversidad, edafología, etc. Algunos planteamientos tienen que ver con la escala y umbrales territoriales y temporales de este fenómeno.

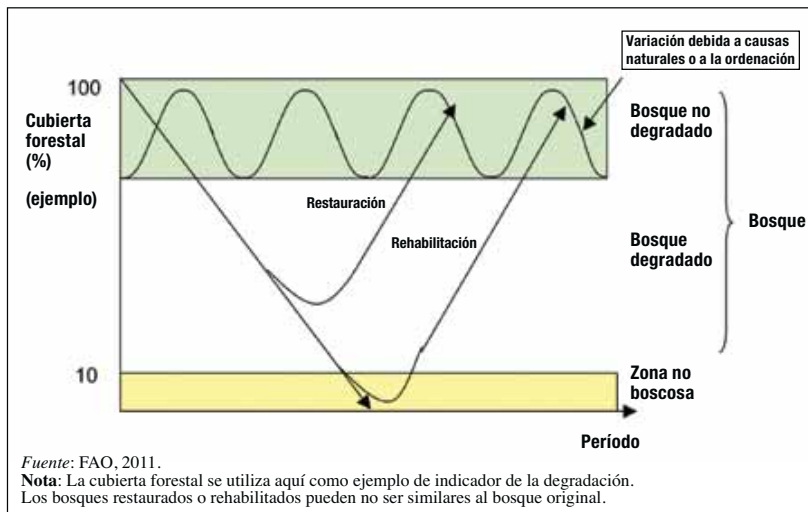
La degradación de los bosques debe ser evaluada en diversas escalas territoriales y para diferentes propósitos. Dado que muchos indicadores de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios varían en el tiempo y no conllevan degradación, la evaluación a escala del rodal o del sitio es necesaria para la adopción de medidas correctivas locales. La evaluación y seguimiento de la degradación también deben hacerse tomando en cuenta la totalidad de la unidad de ordenación forestal y del paisaje (véase La alteración mundial de los bosques, desde el espacio, en este mismo número). Las evaluaciones a escala mayor se llevan a cabo para recoger informaciones con vistas a la presentación de informes nacionales o internacionales o con otros fines.

La escala temporal constituye otro de los aspectos importantes de la evaluación (véase El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque, en este mismo número). Las fluctuaciones temporales de la capacidad del bosque de suministrar algunos bienes y servicios a menudo forman parte de un ciclo natural o son el resultado de intervenciones humanas planificadas (p. ej., el beneficio silvícola) (véase la figura). En la ordenación forestal, los objetivos se fijan siempre para el largo plazo y esto también vale para el mantenimiento y el aumento de los depósitos de carbono. Se debería evitar, por ejemplo, que las fluctuaciones temporales de las existencias en formación debidas a la explotación de algunos rodales sean computadas como emisiones pese a que el bosque esté bajo régimen de ordenación sostenible. Si se incluyesen tales datos la sostenibilidad se convertiría en una meta inalcanzable y se perderían otros beneficios valiosos. Lo que importa es que los contingentes de carbono sean conservados a largo plazo en toda la unidad de ordenación o en todo el paisaje.

Un bosque que se considera degradado es un bosque cuyo estado ha superado un cierto umbral, es decir ha rebasado el valor que se atribuye al indicador de degradación. Dado que los tipos de bosque y las situaciones biofísicas varían considerablemente, no es posible definir umbrales comunes. Parecido al concepto de umbral es el de punto de inflexión —el punto en el que el proceso de degradación llega a ser irreversible—. Una de las medidas más importantes destinadas a lograr la sostenibilidad podría consistir en evitar que los cambios adquiriesen un carácter irreversible y equivaliesen a puntos de inflexión (véase Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal, en este mismo número).

¿CON QUÉ VALOR DE REFERENCIA SE PUEDEN COMPARAR LOS DATOS?

Para evaluar la degradación es necesario establecer un estado de referencia —una línea de base o «estado ideal»— con la cual se compara una situación que ha sido objeto de cambios. En la práctica, no resulta sencillo establecer un estado



Proceso y umbrales de la degradación del bosque



Las perturbaciones de origen humano pueden ser intencionadas (directas) o no intencionadas (indirectas)

de referencia. Teóricamente, los bosques primarios podrían servir de línea de base, pero este método suele ser problemático a causa de las modificaciones que el ecosistema ha podido experimentar en el pasado. Los bosques que han sido ordenados con arreglo a criterios sostenibles con fines de producción podrían también servir de estado de referencia, aunque estos bosques puedan carecer de algunas de las especies, procesos, funciones y estructuras de los primarios. Además, todos los ecosistemas forestales están sujetos a cambios inherentes y a variaciones naturales, que les son característicos. La degradación ocurre cuando el índice de producción de un determinado bien o servicio es constantemente inferior a un valor esperado y se sitúa fuera de la gama de las variaciones que debieran registrarse en el sitio según el régimen de ordenación seleccionado. Por lo tanto, la evaluación está a menudo basada en el juicio puesto que la variabilidad natural solo puede ser conocida mediante investigaciones o controles prolongados, y los datos disponibles respecto a un determinado período son por lo general deficientes (véase Examen de los métodos para la medición y el seguimiento de las emisiones históricas de carbono producidas por la degradación forestal, en este mismo número).

La degradación natural y la degradación causada por el hombre suelen ser fenómenos interdependientes. Las actividades humanas pueden hacer que el bosque sea vulnerable a la degradación

por causas naturales, mientras que los daños de origen natural pueden conducir al agravamiento de las perturbaciones inducidas por el hombre. Distinguir entre causas naturales y causas inducidas por el hombre puede no ser fácil cuando los factores abióticos y bióticos son desencadenados por cambios en las pautas climáticas, las cuales conducen al aumento de la frecuencia, magnitud e intensidad de las repercusiones de la degradación.

La degradación puede ser un precursor de la deforestación, aunque no lo es necesariamente. Los bosques pueden mantenerse degradados durante largo tiempo sin llegar a un estado de deforestación total; el cambio puede también ser abrupto, como cuando las tierras del bosque inalterado son convertidas en tierras que se destinan a otros usos. En cualquiera de las etapas del continuo que se ilustra en la figura la degradación puede ser detenida o invertida mediante el mejoramiento forestal o por otro tipo de intervención orientada a la ordenación, incluida la restauración por medidas silvícolas y la rehabilitación por repoblación de los terrenos no forestales degradados.

¿CÓMO HACER FRENTE A LOS DESAFÍOS MUNDIALES?

Existen grandes oportunidades para restaurar y rehabilitar los más de 2 000 millones de hectáreas de tierras forestales degradadas, que representan, combinadas, una superficie mundial más extensa que la de China. Las áreas

degradadas, incluso en zonas densamente pobladas, no están normalmente sujetas al uso intensivo de la tierra. A veces, la reversión del proceso de degradación podrá requerir inversiones considerables. Sin embargo, con frecuencia bastarán intervenciones de baja intensidad, tales como la prolongación del período de barbecho o la reserva de algunos terrenos para la regeneración natural.

Las poblaciones rurales que viven en los bosques degradados o en sus cercanías pueden llevar a cabo medidas correctivas si se las sensibiliza acerca de la degradación y se les ofrece incentivos económicos. Valga como ejemplo la restauración de la meseta de Loess en China. La restauración podría redundar en diversos beneficios colaterales como la reducción de la erosión, el menor riesgo de inundaciones, el aumento de la productividad agrícola y la producción de leña, madera y otros productos forestales. Existen orientaciones útiles relacionadas con las medidas correctivas tanto a nivel internacional —p. ej., OIMT (2002)— como nacional —CONAFOR (2007)—. La Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal (2011) constituye a este respecto una plataforma de información e intercambio de experiencias.

Se han cifrado grandes esperanzas en el mecanismo REDD+ —que ha sido creado en el ámbito de las negociaciones de la CMNUCC— para la financiación de la restauración, rehabilitación y ordenación sostenible de los bosques. Sin embargo, existe el riesgo de que las

Las oportunidades de reforestar las tierras forestales degradadas son considerables





E. MANSUR

personas pobres del medio rural puedan no beneficiarse con dicho mecanismo y que sus derechos de tenencia y uso de los bosques sufran menoscabo si el mantenimiento y la mejora de los depósitos de carbono forestales llegasen a constituir un objetivo vinculante de la financiación relacionada con REDD+. No es realista suponer que estas personas puedan sacar real provecho de REDD+ si no se les ofrece garantías explícitas y seguras sobre la tenencia de la tierra, si no se fomentan sus capacidades, si no se les proporciona apoyo financiero y si no se tienen debidamente en cuenta los valores y las necesidades de los individuos que viven en la localidad. Otro problema es que en muchos países las tierras cuya propiedad ha sido transferida a la comunidad son con frecuencia tierras degradadas; la restauración de estas tierras requiere inversiones ingentes.

Para hacer frente a la variación de las condiciones locales, las partidas de pagos efectuados por conducto del mecanismo REDD+ deberían ser de cuantía suficiente y estar diferenciadas. De la misma manera, si los propietarios de bosque, comunidades y moradores reciben pagos «por no hacer nada», es probable que el sistema no funcione. Muchos programas de pagos por servicios ambientales han acabado siendo meros instrumentos de subvención en los que el nexo entre la retribución y la obligación de llevar a cabo una medida correctora no ha quedado definido con claridad. La mitigación del cambio climático exige que los resultados

se logren prontamente: gracias a la restauración, los bosques degradados son capaces de absorber rápidamente cantidades de carbono más elevadas. Esto representa una excelente estrategia puente. Al mismo tiempo, las condiciones de resiliencia pueden ser reforzadas, lo que permite intensificar la capacidad de recuperación de una biodiversidad vulnerable. Los costos de oportunidad que esto supone son bajos y los resultados que se obtengan acarrearán importantes beneficios adjuntos. La creación de capacidades, las reformas de la tenencia y el robustecimiento de la gobernanza requerirán tiempo, pero las actuaciones no pueden ser postergadas.

No existen soluciones universales. Las medidas correctoras de la degradación son siempre exclusivas de un medio ambiente determinado. Estas deben ser flexibles y adaptables en el tiempo, puesto que con ellas se busca encauzar las necesidades de los diferentes interesados hacia la adopción de prácticas sostenibles, que son creadoras de cambios. ♦



Las medidas correctoras de la degradación del bosque deben ser adaptables y flexibles en el tiempo para satisfacer las necesidades de diferentes interesados



Bibliografía

- Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal.** 2011. Sitio Web. Disponible en: ideastransformlandscapes.org.
- CONAFOR.** 2007. *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas.* Zapopan, México, Comisión Nacional Forestal.
- FAO.** 2002. *Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stakeholders, Roma, 11-13 de septiembre de 2002.* Roma. Disponible en: www.fao.org/docrep/005/y4171e/y4171e00.htm.
- FAO.** 2009. *Hacia una definición de degradación de los bosques: análisis comparativo de las definiciones existentes,* por M. Simula. Evaluación de los recursos forestales, Documento de trabajo 154. Roma (también disponible en: ftp.fao.org/docrep/fao/012/k6217s/k6217s00.pdf).
- FAO.** 2011. *Assessing forest degradation: towards the development of globally applicable guidelines.* Documento de trabajo. Roma.
- Laestadius, L., Saint-Laurent, C., Minnemeyer, S. y Potapov, P.** 2011. *A world of opportunity: the world's forests from a restoration perspective.* Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal, Instituto de Recursos Mundiales, Universidad del Estado de Dakota del Sur y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Disponible en: pdf.wri.org/world_of_opportunity_brochure_2011-09.pdf.
- OIMT.** 2002. *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests.* ITTO Policy Development Series No. 13. Yokohama, Japón, Organización Internacional de las Maderas Tropicales. ♦

La alteración mundial de los bosques, desde el espacio

L. Laestadius, P. Potapov, A. Yaroshenko y S. Turubanova

Mediante la aplicación de un enfoque novedoso es posible examinar los indicios de alteraciones sufridas por el bosque y determinar la localización de los bosques no deteriorados.

La evaluación de la degradación de los bosques plantea dificultades a escala regional y mundial que responden a varias causas. La degradación es un concepto complejo y difícil de definir; además, la medición de la degradación como tal supone costos elevados. La escasa información de que se dispone acerca de este fenómeno es a menudo inadecuada, poco detallada, incompleta e incoherente, en particular cuando se refiere a zonas de jurisdicciones transfronterizas. La descripción de los aspectos no productivos de la degradación, como la biodiversidad, tiende a ser particularmente deficiente.

La observación satelital representa un enfoque prometedor para la recolección de informaciones sobre la alteración de los bosques. La disponibilidad y la calidad técnica de las imágenes por satélite aumentan constantemente, mientras su precio va en disminución. Mediante

estas imágenes es posible evaluar, a costos contenidos y con una cierta rapidez, paisajes extensos e incluso inaccesibles. Además, es posible acceder en archivos públicos a imágenes satelitales pretéritas (Landsat) que datan de hasta alrededor de 1980, lo que permite conocer los cambios que han tenido lugar a lo largo del tiempo.

Este artículo describe una tentativa de uso de imágenes por satélite para evaluar la degradación. El método que se analiza fue diseñado originalmente para cartografiar paisajes forestales intactos (PFI) (Yaroshenko, Potapov y Turubanova, 2001; Aksenov *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002; Stritholt *et al.*, 2006; Potapov *et al.*, 2008), y es conocido como método PFI. El método y sus definiciones fueron elaborados específicamente para manejar imágenes por satélite, y difieren en consecuencia de los procedimientos que se utilizarían para las observaciones

Un paisaje forestal está dominado por bosques, pero puede también incluir zonas que están despojadas de árboles de forma natural, como estos humedales en el norte de la parte europea de la Federación de Rusia. El método PFI desvela los cambios visibles que ocurren en el paisaje forestal de resultas de la influencia del ser humano

Lars Laestadius es Investigador asociado principal del Instituto de Recursos Mundiales, Washington, D.C. (Estados Unidos de América).

Peter Potapov es Catedrático asociado de la Universidad de Maryland, College Park, Maryland (Estados Unidos de América).

Alexey Yaroshenko es Coordinador forestal de Greenpeace Rusia, Moscú (Federación de Rusia).

Svetlana Turubanova es Investigadora asociada de la Universidad de Maryland, College Park, Maryland (Estados Unidos de América).



V. KANTOR

desde tierra. Los resultados son replicables y coherentes, tanto en el tiempo como en el espacio —es decir, para un país, continente o el mundo—, en el mismo punto cronológico.

DEFINIR LA ALTERACIÓN DEL BOSQUE

El concepto de *paisaje forestal*, tal y como es utilizado aquí, se refiere a un mosaico intercalado nativo de diversos tipos de cubierta vegetal. Un paisaje forestal es un paisaje dominado por bosques, pero puede también comprender zonas no arboladas como pequeños lagos, humedales, ríos y afloramientos rocosos presentes de forma natural.

La degradación del bosque es un concepto ambiguo. Lo que para un individuo puede representar degradación puede significar mejora para otro; todo depende de la perspectiva que se adopte. Para los propósitos del presente artículo se usa la expresión más neutra de *alteración del bosque*, con la cual se busca designar todo cambio visible en el paisaje forestal que resulta de la influencia humana.

EL MÉTODO PFI

El método PFI consiste en dos componentes interdependientes: el método propiamente tal y un conjunto de definiciones y criterios. Para demostrar que un área no está intacta se usan criterios estrictamente definidos (véase el recuadro). Estas reglas han sido diseñadas con vistas a su aplicación en cualquier lugar del mundo y su fácil replicabilidad, lo que permite hacer evaluaciones repetidas a lo largo del tiempo y, además, someter el área forestal a comprobaciones independientes.

La lógica en la que se funda el método de evaluación tiene tres propiedades principales:

El paisaje se clasifica como un espacio que está bien alterado o bien no alterado (intacto). Aunque el método PFI puede ser adaptado para evaluar distintos tipos y grados de alteración, en este artículo la alteración responde a un criterio muy simple: un paisaje está o bien intacto o bien alterado.

Un PFI es una extensión de ecosistema natural ininterrumpida que no muestra signos de actividades humanas

Criterios definitorios

A. Alteración

Las porciones del área del estudio que mostraban indicios evidentes de importantes alteraciones de origen humano fueron consideradas áreas perturbadas y no adecuadas para su inclusión en un PFI. Tales indicios incluyen:

1. Los asentamientos humanos (comprendida una zona tampón de 1 km);
2. Las infraestructuras utilizadas para el transporte entre los asentamientos o para la explotación industrial de los recursos naturales. Constituyan indicios de presencia de infraestructuras los caminos (salvo las sendas sin asfaltar), las vías férreas, los cursos de agua navegables (comprendidos los cursos de agua costeros), las tuberías y las líneas de transmisión eléctrica (incluyendo, en todos los casos, una zona tampón de 1 km a cada lado);
3. Las plantaciones agrícolas y forestales;
4. Las actividades industriales realizadas durante los últimos 30 a 70 años, tales como la explotación maderera, la minería, la exploración y extracción de gas y petróleo y la extracción de truba;
5. Las zonas afectadas por incendios seguidos de regeneración en los últimos 30 a 70 años, siempre que estas zonas se encontraran en las cercanías de infraestructuras o de cinturones construidos.

La influencia humana que tuvo lugar en un pasado distante o que ha sido de baja intensidad se consideró un factor insignificante. Las porciones con estos tipos de influencia de fondo seguían siendo idóneas para figurar en el PFI. Las fuentes de este tipo de influencia podían ser el pastoreo difuso de animales domésticos, la corta selectiva de baja intensidad y la caza.

B. Fragmentación

Seguidamente, se evaluaron las porciones del área del estudio que seguían reuniendo las condiciones para formar parte de un PFI con el objeto de comprobar su grado de fragmentación. Fueron eliminadas las porciones que si bien hubieran podido ser seleccionadas eran demasiado pequeñas o estrechas. Un PFI debe cumplir con los criterios siguientes:

1. Tener una superficie de más de 50 000 ha;
2. Medir al menos 10 km en su parte más ancha (extensión que equivale al diámetro del círculo más grande que pueda caber dentro del sector forestal);
3. Medir al menos 2 km de ancho en las partes estrechas que conectan los sectores más anchos y en los apéndices.

importantes, y cuyas dimensiones son suficientemente grandes como para mantener toda su biodiversidad nativa, incluidas las poblaciones viables de muy diversas especies. En esta evaluación, un área intacta debía tener un tamaño de al menos 50 000 ha para poder ser considerada PFI.

Dos han sido los tipos de criterios utilizados. Se ha recurrido a dos tipos de criterios para diferenciar entre paisajes forestales intactos y no intactos: a) la alteración; y b) la fragmentación. Estos criterios se han utilizado en secuencia para determinar si el área podía o no ser considerada PFI.

En primer lugar, se valora el nivel de la degradación. Las partes alteradas de la zona estudiada se rechazan porque

no reúnen las condiciones que permiten su inclusión en el PFI. A continuación, las restantes son evaluadas según su grado de fragmentación. Una vez más, las partes que no cumplen con los criterios de selección se descartan.

El paisaje se considera intacto a menos que se pruebe lo contrario. La lógica de la evaluación funciona de modo parecido a un proceso judicial. La suposición inicial es que toda el área del estudio es «inocente», es decir intacta y no alterada. Luego, según el método PFI, se trata de probar que existen áreas «culpables» porque se han hallado indicios que apuntan a su alteración. Una vez eliminadas todas las áreas alteradas, solo quedan las que están intactas. Esta lógica se sustenta en el razonamiento de que es más fácil

descubrir testimonio de alteración y de fragmentación que demostrar su ausencia.

APLICACIÓN DEL MÉTODO PFI

El método PFI fue utilizado para evaluar la integridad ecológica de la *zona de paisaje forestal mundial*. La zona de paisaje forestal difiere de lo que la FAO denomina *zona forestal* porque incluye las áreas desprovistas de árboles presentes de forma natural en el ecosistema amplio llamado paisaje forestal. Las evaluaciones hechas en estos dos tipos de áreas no son por consiguiente comparables entre sí.

El límite de la zona de paisaje forestal fue definido de acuerdo con un conjunto de datos mundiales sobre la cubierta forestal que forma parte de los Campos continuos de vegetación global de 500 m obtenidos con MODIS (Hansen *et al.*, 2003). El bosque fue definido como una superficie dotada de cubierta forestal superior al 20 por ciento en el año 2000. Los bosques de menos de 4 km² fueron descartados. Los fragmentos de paisaje forestal de menos de 500 km² no fueron tomados en cuenta en el análisis.

La zona de paisaje forestal fue evaluada en dos etapas. En primer lugar, se realizó un análisis preliminar de la fragmentación a una escala de 1:500 000 o más fina en los países para los cuales se disponía de conjuntos de datos adquiridos mediante el sistema de información geográfica (SIG) y referidos a las infraestructuras de transporte y asentamientos humanos.

Proporción de la zona de paisaje forestal que ha sido alterada, por tipo de bosque

Tipo de bosque	Superficie total (Mha)	Superficie alterada (Mha)	Proporción alterada (%)	Superficie intacta (Mha)	Proporción de superficie intacta (%)
Bosque cerrado	2 748,4	1 901,3	69,2	847,1	30,8
Bosque abierto y monte claro	1 377,6	1 108,0	80,4	269,6	19,6
Zonas sin bosque de origen natural	1 461,5	1 265,3	86,6	196,2	13,4
Total de la zona de paisaje forestal	5 587,6	4 274,7	76,5	1 312,9	23,5

Las zonas cercanas a carreteras, tuberías, líneas eléctricas y asentamientos fueron eliminadas del área del estudio, lo que dio origen a un mosaico por fragmentación de la zona de paisaje forestal. El objetivo era distinguir fragmentos de paisaje libres de las principales infraestructuras y con una superficie superior a 50 000 ha. Las zonas que no cumplían con este requisito no siguieron siendo analizadas y fueron eliminadas, mientras que otras zonas fueron conservadas como candidatas para formar parte de un PFI.

La segunda etapa consistió en utilizar imágenes Landsat TM (Tucker, Grant y Dykstra, 2004) y ETM+ de alta resolución espacial y de cobertura mundial referidas a una fecha promedio de 1990 y 2000, respectivamente, con el fin de evaluar todas las demás potenciales áreas PFI, determinar sistemáticamente las zonas de alteración y delimitar con precisión cada PFI.

El análisis de las imágenes fue realizado por interpretación visual de

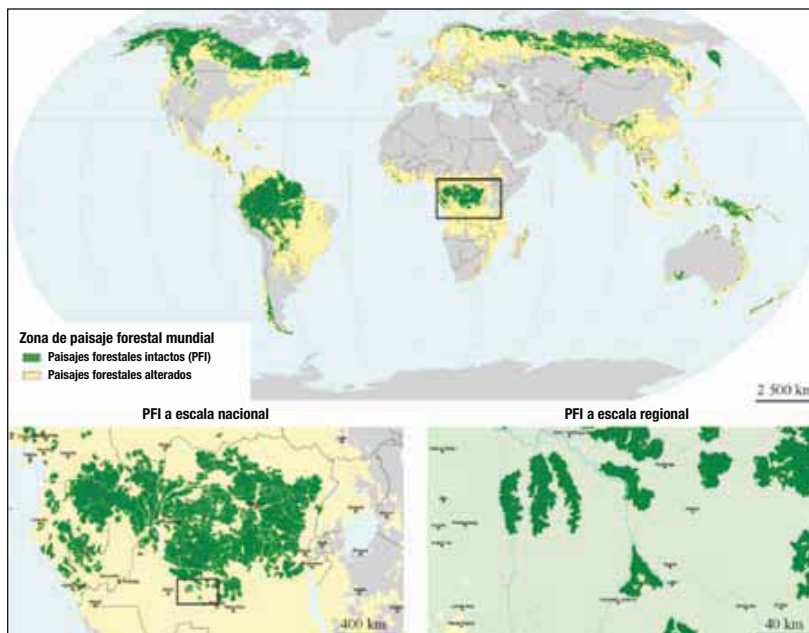
expertos recurriendo a superposiciones SIG y a estratos cartográficos temáticos y topográficos adicionales.

UNA EVALUACIÓN MUNDIAL DE LA ALTERACIÓN DEL BOSQUE

La superficie actual de la zona de paisajes forestales del mundo, tal como ha sido definida más arriba, es de 5 587,6 millones de hectáreas (Mha) y equivale al 37,3 por ciento de la superficie mundial total de tierras emergidas. Esta área puede ser dividida en tres tipos principales de ecosistema de acuerdo con su cubierta forestal (Hansen *et al.*, 2003):

1. *Bosque cerrado*, con una cubierta forestal de más del 40 por ciento (49,2 por ciento de la zona de paisaje forestal);
2. *Bosque abierto y monte claro*, con una cubierta forestal del 20 al 40 por ciento (24,7 por ciento de la zona de paisaje forestal);
3. *Zonas sin bosque de origen natural*, con una cubierta forestal de menos del 20 por ciento, por ejemplo, sabanas, pastizales, humedales, tierras agrícolas, ecosistemas de montaña o lagos (26,1 por ciento de la zona de paisaje forestal).

Los PFI representan el 23,5 por ciento de la zona de paisaje forestal (1 312,9 Mha). El remanente está afectado por la presencia de construcciones o la fragmentación (Figura 1). En el marco del método PFI esta parte se considera estar alterada. El grado de la alteración difiere según se trate de un ecosistema cerrado, abierto o no forestal (véase el cuadro).



1 Paisajes forestales intactos y alterados del mundo. Con el método PFI se obtienen mapas que aportan datos útiles para la planificación y el seguimiento de los bosques a escala mundial, nacional y regional. En el mapa de escala regional los bosques no intactos están en verde claro y las zonas sin bosque, en amarillo



2
Alteración del bosque expresada como proporción de los paisajes alterados de la zona de paisaje forestal de países seleccionados. Los países incluidos en el análisis se muestran en gris oscuro (62 países en total)

Aproximadamente dos tercios (69,2 por ciento) de los bosques cerrados del mundo son bosques no intactos. Existen más PFI remanentes en las tundras boreales y en las subtundras del norte que en el sur; una larga sucesión de actividades humanas ha causado la transformación de los terrenos boscosos originales y los ecosistemas de tipo sabana de los trópicos y estepas arboladas templadas en tierras cultivables, pastizales o formaciones arbustivas pirogénicas o comunidades de pastizal.

DATOS DE REFERENCIA NACIONALES

Se llevó a cabo una evaluación a nivel del país en la que solo fueron tomados en cuenta los países que tenían al menos una superficie de 10 millones de hectáreas de zona de paisaje forestal (Figura 2). En esos 62 países el bosque ha sufrido alteraciones en su casi totalidad, es decir que en 19 países de ese conjunto menos del 1 por ciento de la zona de paisaje forestal se mantiene como PFI. Este grupo se compone de países europeos con exclusión de Finlandia, la Federación de Rusia y Suecia, y de países africanos situados fuera de la cuenca del Congo. Los principales niveles de alteración —la proporción de los demás PFI oscila entre el 1 y el 10 por ciento de la zona de paisaje forestal— se observan en un grupo de 21 países. Este grupo comprende países africanos que se

encuentran en el borde del bioma forestal tropical húmedo, países centroamericanos, Europa septentrional y países del Asia sudoriental. La China y la India también forman parte de este grupo. Los restantes 22 países tienen una proporción de PFI que supera el 10 por ciento del total de la zona de paisaje forestal. Sin embargo, en solo 5 de estos —el Canadá, la Guayana francesa, la Guyana, el Perú y Suriname— la proporción de PFI es mayor del 50 por ciento.

Dos grupos diferentes de países destacan cuando se examina la composición de los PFI en cuanto a ecosistemas cerrados, abiertos y no forestales (véase la Figura 3). El primero está constituido por países desarrollados en los cuales la ordenación forestal se realiza con criterios industriales. En esos países los bosques más densos y productivos han sido alterados por efecto de la ordenación o han sido convertidos en terrenos de plantación. En los sitios donde la densidad natural del dosel es baja las superficies se han mantenido mayormente intactas porque, en términos de ordenación, el atractivo del bosque es menor. Como ejemplos se

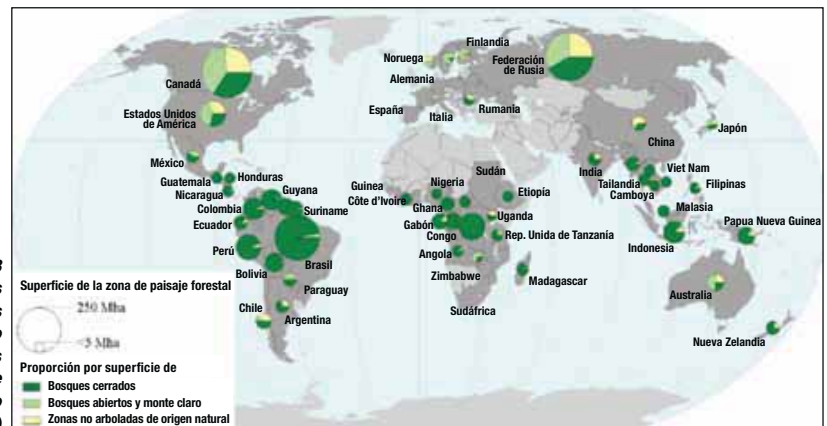
pueden mencionar las zonas montañosas, los humedales y la parte septentrional de la zona boreal.

Una pauta distinta predomina en el segundo grupo. En las zonas que lo componen, los bosques accesibles han sido talados con fines agrícolas o para el pastoreo, mientras que las extensiones inaccesibles de los bosques densos se han mantenido en gran medida intactas. Los bosques densos menos alterados se encuentran en países del África central, América Latina y en Papua Nueva Guinea. La gran proporción de bosques densos contenidos en los PFI de estos países los convierte en importantes reservorios de carbono, y su alteración conduciría a elevadas emisiones de dióxido de carbono.

EVALUACIÓN DEL MÉTODO PFI

El método PFI ofrece diversas ventajas para la evaluación de superficies extensas. Es adecuado para todos los países y continentes. Es barato de aplicar y puede ser aplicado rápidamente. Los datos de los que se precisa disponer se obtienen mediante imágenes de satélite, que son de dominio público y son gratuitas o tienen un costo bajo y que tiende a disminuir. La definición del método responde a criterios rigurosos. El método se presta a repeticiones y a verificación independientes. También es apropiado para las operaciones de seguimiento, que consisten en

3
Paisajes forestales intactos en países seleccionados y su composición por tipo de bosque. Los países incluidos en el análisis se muestran en gris oscuro (62 países en total)



replicaciones en distintos puntos cronológicos con la finalidad de medir los cambios ocurridos. El método puede ser adaptado y afinado, por ejemplo para evaluar paisajes de dimensiones más pequeñas, y sirve para evaluar paisajes remotos a los cuales no es posible acceder de otra manera. Los resultados son congruentes en toda el área del estudio (p. ej., un país o el mundo) y por lo tanto comparables entre sí. Los resultados son explícitos para un determinado territorio porque se presentan en un mapa suficientemente detallado para apuntalar las decisiones relativas a las prioridades de la conservación y las providencias que es necesario tomar. Del mapa se puede derivar fácilmente una información estadística. El método ha sido ensayado y está listo para usar.

La resolución y calidad de los mapas han sido consideradas suficientes para que los mapas pudieran ser usados como herramienta para apoyar las adquisiciones en condiciones de sostenibilidad de la madera que proviene de los bosques boreales. Por ejemplo, en el Canadá y la Federación de Rusia, el Consejo de Manejo Forestal está utilizando mapas producidos por medio del método PFI (Aksenov *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002) como variable auxiliar para bosques dotados de grandes paisajes forestales, que son un tipo de bosque de elevado valor de conservación (FSC Canada, 2004; FSC Russia, 2008; FSC, 2006).

El método PFI también puede ser usado para hacer el seguimiento del proceso de expansión de la alteración forestal a lo largo del tiempo. Esto consiste simplemente en hacer mediciones en un punto cronológico diferente respecto a un punto de la línea de referencia del estudio, y comparar los resultados. En FAO (2009) se dan ejemplos de protocolos de seguimiento regional llevados a cabo en la parte noroccidental de la Federación de Rusia y en el África central.

Sin embargo, también existen factores limitantes. Para utilizar el método es necesario tener conocimientos de SIG y saber interpretar los datos de telepercepción. El método conviene solo para zonas grandes (provincias, países, regiones, el mundo). A causa de su carácter coherente, el PFI es insensible a las variaciones entre países en lo relacionado con el entendimiento de los conceptos de «no

alteración» y «alteración». Por ejemplo, en lo que respecta a la interpretación de las zonas quemadas, ¿podrían estas ser consideradas zonas no alteradas porque el fuego se ha debido a causas naturales, o, en cambio, habría que juzgarlas alteradas porque el fuego ha sido provocado por la acción del hombre? ¿Debería un PFI del tamaño más pequeño ser diferenciado en cuanto a su bioma (p. ej., los bosques boreales en contraposición con los bosques tropicales) o en cuanto a su régimen de perturbación natural (p. ej., la dinámica del fuego en contraposición con la dinámica de las brechas)?

El método PFI está sesgado hacia la sobreestimación de la superficie que se cartografía como PFI. Esto se debe a la lógica de la «presunción de inocencia». Las actividades humanas que influyen en el estado del bosque tales como la corta selectiva, la agricultura de corta y quema en pequeña escala o la caza (p. ej., la recogida ilegal de madera en el África central) —difíciles de detectar por satélite— pueden ser pasadas por alto, y, por consiguiente, una superficie alterada puede ser cartografiada como si se tratase de un PFI. La precisión de los resultados dependerá de la calidad y resolución espacial de las imágenes satelitales.

Una grave limitación del método tal y como ha sido usado en este estudio deriva de su naturaleza dual. La clasificación de los paisajes admite solo dos categorías: la de los paisajes intactos y la de los alterados. No se distingue ni el tipo ni el grado de la alteración. Sin embargo, el método puede ser modificado y ajustado a diversos propósitos. Su sensibilidad puede calibrarse en función de los tipos de alteración definiendo categorías adicionales menos estrictas, por ejemplo en cuanto a las dimensiones del sector o a la alteración que ha ocurrido dentro de los sectores. Podrían incluirse sectores más reducidos, en forma de fragmentos intactos, para evaluar paisajes más pequeños (Lee, Gysbers y Stanojevic, 2006; Mollicone *et al.*, 2007).

Cuando el método es aplicado por personal experto que conoce el paisaje objeto de la evaluación y tiene acceso a imágenes Landsat TM/ETM+ se pueden obtener resultados útiles sin necesidad de recurrir a verificaciones de campo. En determinados casos, la exactitud de

los resultados podría incluso ser mayor gracias a la realización de verificaciones de campo, por ejemplo cuando las imágenes obtenidas por satélite son de mala calidad, o cuando los indicios de la influencia humana son difíciles de detectar porque esta no es clara sino difusa o no es perceptible desde el espacio debido a su baja intensidad o a que es ocultada por el dosel. Existe un cierto grado de subjetividad en la determinación de los límites del PFI en las zonas de transición entre las áreas intactas y las perturbadas, en especial en los territorios no forestales, sabanas, monte claro o zonas de montaña. El trabajo de campo debería facilitar la comprobación e interpretación de los sitios importantes pero poco nítidos, en lugar concentrarse en el examen sistemático de una muestra aleatoria.

CONCLUSIONES

El método PFI es un procedimiento rentable para evaluar el grado de la influencia humana en un paisaje forestal extenso, bien tenga este la extensión de un país o del mundo. El método ha sido configurado para el uso de satélites como principal fuente de los datos, lo que reduce los costos y aumenta la rapidez de las operaciones. La precisión es mayor cuando los sitios se verifican selectivamente desde tierra. El resultado es un mapa que muestra la localización y límites exactos de los paisajes forestales intactos, es decir los sectores restantes de tierras inalteradas que están dentro la zona de paisaje forestal; y permite, al menos en el bosque boreal, guiar con suficiente precisión la adquisición de la madera. Este mapa constituye un instrumento de orientación para el diseño de las políticas y la fijación de prioridades, además de una referencia para el seguimiento de los cambios por aplicación repetida del método PFI a los paisajes forestales intactos. La diferenciación entre bosques intactos y no intactos que aquí se hace es coherente con la experiencia en materia de medición satelital de la deforestación, y permite obtener datos de base válidos para computar las pérdidas de carbono debidas a la alteración de los bosques.

Con el propósito de reflejar más exactamente la intensidad o el tipo de la alteración, el método puede ser afinado sin que sea necesario alterar su estructura lógica ni sus requisitos de datos; esto

hace que pueda ser aplicado para medir la intensidad de la alteración.

El aumento de la calidad de las imágenes de satélite, el abaratamiento de sus costos y la más fácil accesibilidad a dichas imágenes podrán traducirse en mejoras del método; los efectos de estas mejoras serán particularmente patentes en los trópicos húmedos, donde la nubosidad persistente dificulta la captura de imágenes.

La utilidad del método puede incrementarse mediante al menos tres tipos de disposiciones:

- **Creación de capacidades.** El técnico que utiliza el método PFI debe ser experto en dos áreas: la interpretación de imágenes satelitales y el SIG, y la ecología y ordenación forestales. Esta combinación de capacidades es rara, en particular en los países en desarrollo. Las campañas de formación concertada podrán ser ciertamente útiles en este campo.
- **Transparencia y revisión de los resultados.** Los resultados obtenidos con el método PFI son relativamente fáciles de comunicar y entender porque se pueden presentar cartográficamente. Los mapas deben ser revisados por expertos regionales y locales, además de por los propios interesados. Como tales, las dificultades logísticas que plantea un proceso riguroso de examen documental son numerosas, en particular en lo relativo a las evaluaciones regionales y mundiales. Los técnicos deberían poder examinar los mapas y formular sus comentarios y sugerencias a través de Internet. Por lo tanto, se necesita crear una plataforma Web para asegurar la transparencia y permitir la revisión de los materiales.
- **Financiación destinada al desarrollo y a la aplicación del método.** El método PFI ha sido elaborado gracias a la financiación de empresas y fundaciones del sector privado. Sería muy beneficioso que los gobiernos participasen en el desarrollo y en nuevas aplicaciones relacionadas con el método.

Para el caso del presente estudio, los autores prevén actualizar y perfeccionar periódicamente el mapa mundial de PFI con el fin de que este refleje las nuevas zonas de alteración. La mejora continua

de los sensores satelitales y las técnicas de análisis irán reduciendo gradualmente los esfuerzos que esta labor necesite. Un sitio Web especializado (www.intactforests.org), que permite a los usuarios ver el mapa PFI sobre un fondo de imágenes de satélite, ha sido dedicado al proceso de revisión cartográfica externa continua. ♦



Bibliografía

- Aksenov, D., Dobrynin, D., Dubinin, M., Egorov, A., Isaev, A., Karpachevskiy, M., Laestadius, L., Potapov, P., Purekhovskiy, A., Turubanova, S. y Yaroshenko, A.** 2002. *Atlas of Russia's intact forest landscapes*. Moscú, Global Forest Watch Russia (también disponible en: www.globalforestwatch.org/common/russia/Atlas_report_pdfs/Cover-032.pdf).
- FAO.** 2009. *Global mapping and monitoring the extent of forest alteration: the Intact Forest Landscapes Method*, por P. Potapov, L. Laestadius, A. Yaroshenko y S. Turubanova. Forest Resources Assessment Working Paper No. 166. Roma (también disponible en: www.fao.org/docrep/012/k7611e/k7611e00.pdf).
- FSC.** 2006. *Standard for company evaluation of FSC controlled wood*. FSC-STD-40-005 (Version 2-1) EN. Bonn, Forest Stewardship Council (también disponible en: www.fsc.org/fileadmin/web-data/public/document_center/international_FSC_policies/standards/FSC_STD_40_005_V2_1_EN_Company_Evaluation_of_Controlled_Wood.pdf).
- FSC Canada.** 2004. *National boreal standard*. Toronto, Canadá, Grupo de trabajo del Consejo de Manejo Forestal (también disponible en: www.fscscanada.org/docs/boreal%20standard.pdf).
- FSC Russia.** 2008. *Russian national Forest Stewardship Council standard*. FSC-STD-RUS-01 2008-11 Russian national standard ENG. Moscú, Iniciativa nacional rusa del Consejo de Manejo Forestal (también disponible en: www.fsc.ru/pdf/rnsen1.pdf).
- Hansen, M.C., DeFries, R.S., Townshend, J.R.G., Carroll, M., Dimiceli, C. y Sohlberg, R.A.** 2003. Global percent tree cover at a spatial resolution of 500 meters: first results of the MODIS vegetation continuous fields algorithm. *Earth Interactions*, 7:1–15. DOI: 10.1175/1087-3562(2003)007<0001:GPTCAA>2.0.CO;2.
- Lee, P., Aksenov, D., Laestadius, L., Nogueron, R. y Smith, W.** 2002. *Canada's large intact forest landscapes (a report by Global Forest Watch Canada)*. Edmonton, Global Forest Watch Canada (también disponible en: www.globalforestwatch.org/english/canada/pdf/Canada_LIFL-Text_Section.pdf).
- Lee, P., Gysbers, J.D. y Stanojevic, Z.** 2006. *Canada's forest landscape fragments: a first approximation (a Global Forest Watch Canada Report)*. Edmonton, Global Forest Watch Canada (también disponible en: www.globalforestwatch.ca/FLFs/GFWC-FLFs-firstapprox-150dpi.pdf).
- Mollicone, D., Achard, F., Federici, S., Eva, H.D., Grassi, G., Belward, A., Raes, F., Seufert, G., Stibig, H.-J., Matteucci, G. y Schulze, E.-D.** 2007. An incentive mechanism for reducing emissions from conversion of intact and non-intact forests. *Climatic Change*, 83:477–493. DOI: 10.1007/s10584-006-9231-2.
- Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., Aksenov, D., Egorov, A., Yesipova, Y., Glushkov, I., Karpachevskiy, M., Kostikova, A., Manisha, A., Tsybikova, E. y Zhuravleva, I.** 2008. Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society*, 13(2). Disponible en: www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/.
- Strittholt, J., Nogueron, R., Bergquist, J. y Álvarez, M.** 2006. *Mapping undisturbed landscapes in Alaska: an overview report*. Washington, D.C., Instituto de Recursos Mundiales (también disponible en: www.wri.org/publication/mapping-undisturbed-landscapes-alaska-overview-report).
- Tucker, C.J., Grant, D.M. y Dykstra, J.D.** 2004. NASA's global orthorectified Landsat data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70: 313–322.
- Yaroshenko, A.Y., Potapov, P.V. y Turubanova, S.A.** 2001. *The last intact forest landscapes of northern European Russia*. Moscow, Greenpeace Russia and Global Forest Watch (también disponible en: www.globalforestwatch.org/english/russia/pdf/GFW_Russia_Report_en.pdf). ♦

Un estudio por teledetección permite actualizar los cálculos de pérdidas de superficies forestales

A. Gerrand, E. Lindquist y R. D'Annunzio

Un nuevo estudio ha ampliado nuestro conocimiento sobre los cambios que afectan a la cubierta forestal y el uso de los terrenos forestales a lo largo del tiempo.

Los Oficiales forestales **Adam Gerrand**, **Erik Lindquist** y **Remi D'Annunzio** integran el Equipo de Teledetección FRA del Departamento Forestal de la FAO, Roma.

1
Cuadrícula de muestreo sistemática

La FAO ya ha llevado a cabo estudios por teledetección de bosques tropicales para anteriores informes de la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) (en 1980, 1990 y 2000). Un nuevo estudio, realizado en el marco de FRA 2010, ha sido más exhaustivo, con imágenes de satélite recopiladas de todo el mundo, y tiene por finalidad mejorar sustancialmente el conocimiento de la dinámica de los cambios en la cubierta forestal y el uso de los terrenos forestales en el tiempo. La importancia cada vez mayor del cambio climático impulsa también la necesidad de disponer de información de mayor calidad, dado que se calcula que los cambios en la cubierta forestal y por consecuencia en el uso de la tierra son responsables de alrededor de un 17 por ciento de las emisiones de carbono producidas por el hombre¹.

Los datos satelitales permiten recopilar una información coherente a nivel mundial que posteriormente puede ser analizada utilizando los mismos criterios para distintos momentos en el tiempo, de manera que puedan realizarse estimaciones más precisas sobre el cambio. La teledetección no sustituye la necesidad de obtener sólidos datos de campo, pero con la combinación de ambos métodos se consiguen mejores resultados que los que pueden obtenerse utilizando cada uno de los métodos por separado.

Los resultados de la evaluación por teledetección de FRA 2010 son los siguientes:

- mejores conocimientos sobre los cambios en la cubierta forestal y el uso del suelo relacionados con los bosques, especialmente los procesos de deforestación, forestación y expansión natural de los bosques;
- información a nivel global, regional y de biomas sobre la tasa de cambio entre 1990 y 2005;

- un marco y método global para el seguimiento de los cambios en los bosques;
- un portal de datos en Internet que facilitará el acceso a imágenes satelitales;
- una mejora en la capacidad de muchos países para efectuar el seguimiento, evaluación y presentación de informes sobre área de bosque y cambios en el área de bosque.

Diseño del muestreo científico

La evaluación utiliza un sistema de muestreo por cuadrícula con imágenes tomadas en cada intersección de longitud y latitud (a intervalos aproximados de 100 km), con intensidad reducida a espacios de dos grados por encima de los 60 grados norte (Figura 1). Había unas 13 500 muestras, de las cuales aproximadamente 9 000 estaban fuera de los desiertos y los hielos permanentes (se excluyó la Antártida). Cada ubicación de muestreo era de 10 km x 10 km, lo que en su conjunto dio un área total de muestreo de un 1 por ciento de la superficie terrestre. Esta cuadrícula de muestreo es compatible con la que se utiliza para muchas evaluaciones forestales nacionales, incluyendo las que realiza la FAO.

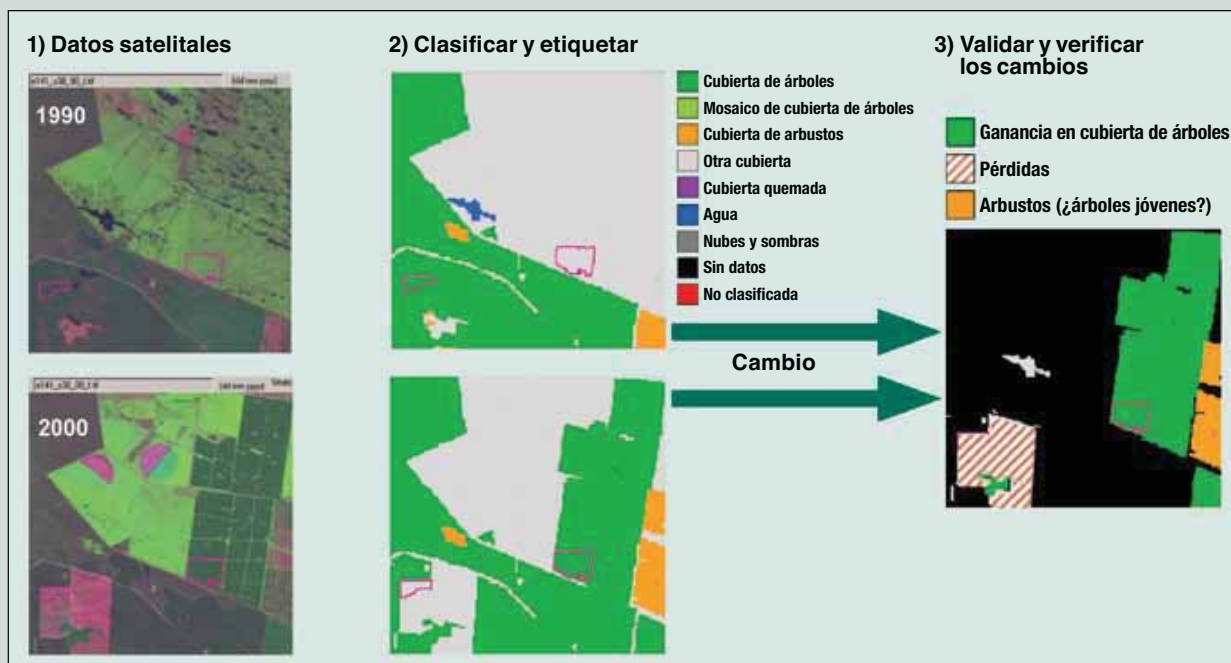
Fácil acceso a herramientas e imágenes satelitales

La FAO y sus organizaciones asociadas han publicado en Internet² imágenes pre-procesadas de las cuadrículas de muestreo. El acceso gratuito a datos de teledetección y

¹ IPCC. 2007. *Climate change 2007. The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPC*. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.

² Véase www.fao.org/forestry/fra/remotesensing/portal





software especializado ha sido especialmente útil para los países en desarrollo que no disponen de datos sobre seguimiento de los bosques ni de la capacidad para realizarlo. Los expertos debidamente autorizados de cada país podrán acceder al portal y descargar polígonos etiquetados de antemano, para su verificación y posterior carga de datos validados.

Estimaciones mejoradas y coherentes a nivel mundial sobre la extensión del área de bosque y los cambios en el tiempo

Para cada muestra, la Universidad Estatal de Dakota del Sur extrajo tres imágenes del satélite Landsat —de alrededor de 1990, 2000 y 2005— que posteriormente fueron procesadas por la FAO o el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea con el mismo grado de detalle utilizando un proceso automatizado de clasificación de imágenes. Posteriormente se prepararon etiquetas provisionales de cubierta forestal y se destacaron los cambios producidos en ella a través del tiempo. Los expertos de cada país validan los resultados iniciales para después ayudar a realizar la transformación de las clases de cubierta forestal en tipos de uso de la tierra (Figura 2).

Colaboraciones técnicas efectivas y participación de los países

En este proyecto se ha combinado la experiencia técnica sobre bosques y cubierta de la

tierra de la FAO y sus asociados externos con la financiación de la Comisión Europea y los conocimientos técnicos de su Centro Común de Investigación. Los resultados obtenidos han sido revisados y validados por expertos nacionales de unos 150 países, consiguiendo con ello una serie de estadísticas mundiales detalladas y ampliamente constatadas en relación con los cambios en la cubierta forestal observados con datos satelitales.

Principales conclusiones

Los resultados de la evaluación mundial de los bosques por teledetección muestran que en 2005 la cubierta forestal del planeta era de 3 690 millones de hectáreas, o el 30 por ciento de la superficie terrestre mundial. Estos resultados indican que la tasa de deforestación del mundo fue en promedio de 14,5 millones de hectáreas al año entre 1990 y 2005, dato que concuerda con las estimaciones previas. La deforestación se verificó en gran parte en las regiones tropicales, probablemente por la conversión de bosques tropicales en tierras agrícolas.

Por otro lado, el estudio revela que, en todo el mundo, la pérdida neta de superficie forestal entre 1990 y 2005 no fue tan grande como se pensaba, ya que la ampliación de la superficie forestal ha sido mayor de lo previamente estimado.

La pérdida neta —las pérdidas de cubierta forestal se compensan parcialmente con la

2
Ejemplos de los pasos seguidos en el procesamiento de datos de las imágenes Landsat para obtener un mapa de clases de cubierta forestal y cambios producidos en ella, 1990-2000

forestación o la expansión natural— ascendió a 72,9 millones de hectáreas entre 1990 y 2005. El mundo perdió una media de 4,9 millones de hectáreas de bosques al año, o casi 10 hectáreas de bosque por minuto en ese período de 15 años.

Los nuevos datos también muestran que la pérdida neta de bosques se aceleró, y pasó de 4,1 millones de hectáreas al año entre 1990 y 2000 a 6,4 millones de hectáreas entre 2000 y 2005.

Aunque los datos y análisis aún no se han aplicado para medir la degradación de los bosques, la ulterior elaboración de este material permitiría su utilización con este propósito.

La publicación de los resultados detallados del estudio, incluida la información sobre pérdidas y ganancias regionales de superficie forestal, está prevista para principios de 2012. Los resultados iniciales del estudio y otras informaciones se pueden consultar en: www.fao.org/forestry/fra/remotesensing/surveys/

Este análisis ha sido adaptado del informe FRA 2010 para reflejar las principales conclusiones del estudio.

Examen de los métodos para la medición y el seguimiento de las emisiones históricas de carbono producidas por la degradación forestal

*M. Herold, R.M. Román-Cuesta, V. Heymell, Y. Hirata,
P. Van Laake, G.P. Asner, C. Souza, V. Avitabile y K. MacDicken*

En ausencia de datos históricos de campo, los países en desarrollo pueden recurrir a la información coherente que encierran los datos terrestres actuales y las evaluaciones realizadas por telepercepción.

Se ha calculado que las perturbaciones que conducen a la degradación forestal afectan aproximadamente a 100 millones de hectáreas de bosque al año (FAO, 2006, en Nabuurs *et al.*, 2007). Con respecto a la mitigación de los efectos del cambio climático, la degradación forestal consiste en la pérdida de las existencias de carbono de un bosque que sigue siendo bosque (IPCC, 2003a; CMNUCC, 2008). Por consiguiente, la degradación implica que el valor de las variables que son objeto de medición, tales como el dosel arbóreo, se mantiene por encima del umbral utilizado para definir el bosque. La degradación es un proceso distinto de la deforestación, la cual se asocia comúnmente con el cambio de uso de la tierra.

En 2005, la 11ª sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) destacó que la función de reducción de la deforestación y degradación forestal representa la herramienta con la que es posible mitigar los efectos del cambio climático (reducción de emisiones por deforestación y degradación – REDD). La Conferencia reforzó el Artículo 2 del Protocolo de Kyoto en lo relativo a la protección y ampliación de los sumideros y reservorios de gases de efecto invernadero que no están bajo el control del Protocolo de Montreal.

Se ha estimulado a los países en desarrollo partes de la CMNUCC a hacer uso de las orientaciones existentes al emprender actividades relacionadas con REDD y REDD+ (CMNUCC, 2009a), en particular a la hora de poner en marcha sistemas nacionales de seguimiento forestal. Para estos sistemas es necesario combinar las técnicas de

telepercepción con los datos terrestres cuando se realizan inventarios del carbono forestal para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico por fuentes, remociones por sumideros, existencias forestales de carbono y cambios en la superficie forestal. Todas las estimaciones deberían ser transparentes, congruentes y lo más exactas posibles, en la medida en que lo permitan las capacidades del país.

Medir la degradación forestal y los cambios conexos en las existencias de carbono es más complicado y costoso que medir la deforestación. Los países pueden servirse de estadísticas de campo y/o de datos de telepercepción para computar los índices de degradación actuales; pero una combinación de ambos tipos de información proporcionará las estimaciones más exactas. Sin embargo, como en los países en desarrollo se suele carecer de estadísticas de campo coherentes para evaluar la degradación histórica, se depende en ellos sobre todo de la información obtenida mediante telepercepción; esta información se mezcla con los datos actuales sobre cambios en las existencias de carbono procedentes de las evaluaciones de campo.

Con este artículo se busca secundar a los países en desarrollo en la ejecución de las actividades de REDD+. El estudio ofrece una visión de conjunto de los métodos de medición y seguimiento de emisiones de carbono producidas por la degradación forestal, y se enfoca en los períodos históricos con la finalidad de proporcionar una idea de los acontecimientos históricos de referencia de la degradación a la luz de las actividades de REDD+ (CMNUCC, 2009b).

Martin Herold es Catedrático de telepercepción del Centro de Geoinformación, Universidad de Wageningen (Países Bajos).

Rosa María Román-Cuesta trabaja en diseño y aplicación de sistemas de medición, notificación y verificación de REDD+ en el ámbito del Programa REDD de las Naciones Unidas, FAO, Roma.

Victoria Heymell es Consultora del Departamento Forestal de la FAO.

Yasumasa Hirata es Jefe de la Oficina de Cambio Climático, Instituto de Investigaciones sobre Actividades y Productos Forestales, Tsukuba (Japón).

Patrick Van Laake es Especialista técnico del Programa REDD de las Naciones Unidas para Viet Nam, Hanoi (Viet Nam).

Gregory P. Asner es Catedrático de ecología y telepercepción, Departamento de Ecología Global, Instituto Carnegie para la Ciencia, Estados Unidos de América.

Carlos Souza es Científico superior de IMAZON, Belem (Brasil).

Valerio Avitabile es Investigador posdoctoral del Centro de Geoinformación, Universidad de Wageningen (Países Bajos).

Kenneth MacDicken es Oficial superior de políticas forestales, Evaluación Forestal Mundial y Presentación de Informes, FAO.

Definición de depósito de carbono según la Orientación sobre las buenas prácticas

El IPCC (2003b) define cinco tipos de depósitos de carbono que es preciso medir y controlar: la biomasa sobre el suelo, la biomasa bajo el suelo, la hojarasca, la madera muerta y el carbono orgánico del suelo. Las categorías de procedencia clave del carbono son las que deben ser objeto de evaluación y selección. Una categoría de procedencia se define como «una categoría de emisiones o categoría de depósito que en el repertorio nacional total de los gases de efecto invernadero directo recibe una atención prioritaria en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, a la tendencia de las emisiones, o a estos dos elementos reunidos». Si se dispone de los recursos suficientes, la estimación de las categorías de procedencia clave debería hacerse refiriéndolas a los niveles más elevados (véase el recuadro, abajo). En las zonas tropicales, el seguimiento de la biomasa sobre el suelo es el único seguimiento que suele llevarse a cabo, pese a que las turberas, que encierran más carbono que la biomasa sobre el suelo, también deberían ser tomadas en cuenta.

CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR DEGRADACIÓN FORESTAL

Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas

En virtud de lo estipulado en la CMNUCC, se estimula a los países a basar sus informaciones sobre emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la deforestación y la degradación forestal en la *Orientación sobre las buenas prácticas relacionadas con el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la silvicultura* (Orientación sobre las buenas prácticas) formulada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (IPCC, 2003b; 2006). Para estimar las emisiones provenientes de la degradación forestal, los países deberán tomar en cuenta:

- Las áreas de bosque que, vistas en el plano nacional, siguen constituyendo un bosque aunque afectado por la degradación, y que de preferencia deberían ser estratificadas de acuerdo con diferentes tipos de perturbación o degradación. Para el cálculo del área que está sufriendo los cambios y su localización se pueden usar datos de inventarios forestales o información obtenida por telepercepción. Los valores recabados se conocen como *datos de actividad*.
- Los cambios en las existencias de carbono debidos a los procesos de degradación, por áreas y unidades de tiempo. El carbono forestal perdido y liberado a la atmósfera a causa del proceso de degradación se mide normalmente por muestreo de campo y por inventariación repetida.

Los cambios deberían calcularse para cada uno de los cinco depósitos de carbono (véase el recuadro, arriba). Las mediciones se expresan en toneladas de carbono producido por hectárea y por año ($\text{Mg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$). Estos datos se conocen como *factores de emisión* (IPCC, 2003b; 2006).

Tal y como se indica en la metodología del IPCC, el valor de las emisiones nacionales que derivan de la degradación forestal resulta, para cada tipo de degradación, de la combinación de los datos de actividad con los factores de emisión.

Niveles para el cálculo de emisiones descritos en la Orientación sobre las buenas prácticas

El IPCC (2003b) menciona tres niveles para la categorización de los métodos de cálculo de las emisiones. Mientras más alto es el nivel, más rigurosos son los requisitos para la obtención de los datos, y más complejo el análisis realizado. Por lo tanto, mientras más alto es el número que designa el nivel, más exacta será la estimación.

- En el nivel 1 se utilizan valores por defecto para la biomasa forestal y para el incremento medio anual (IMA) de la biomasa forestal. Los valores se obtienen a partir de la base de datos sobre el factor de emisión del IPCC y corresponden a los tipos generales de bosque continental (es decir, la pluviselva tropical africana). En el nivel 1 también se parte de suposiciones simplificadas para el cálculo de las emisiones.
- En el nivel 2 se utilizan datos específicos del país (es decir, datos que han sido recopilados dentro de las fronteras nacionales). En este nivel, la biomasa forestal se describe a una escala de resolución más fina porque se hace uso de un mayor número de estratos con información pormenorizada.
- En el nivel 3 se recurre a inventarios reales y a mediciones reiteradas practicadas en parcelas permanentes para valorar directamente los cambios que han ocurrido en la biomasa forestal. Además de, o en sustitución de los inventarios, se puede hacer uso de modelos parametrizados que se combinarán con los datos sobre las parcelas.

El método correspondiente al nivel 3 supone destinar recursos durante un período prolongado, y exige por lo general que una organización permanente se encargue del programa de seguimiento.

En conformidad con lo estipulado por la CMNUCC, en la Orientación sobre las buenas prácticas se formula, en términos de nivel, el grado de complejidad y de certidumbre que pueden tener los distintos métodos para la declaración de emisiones. Mientras más alto es el nivel, menor es el grado de incertidumbre de los datos y por consiguiente mayor es su exactitud (véase el recuadro, abajo).

Desafíos y observaciones

No existe un método único para el seguimiento de la degradación forestal. La elección del método, o de la combinación de métodos, depende de varios factores como el tipo de la degradación, los datos disponibles, las capacidades y los recursos. Además, deben ser tomadas en cuenta las ventajas potenciales y las limitaciones de los distintos procedimientos de medición y seguimiento. A los diferentes métodos se asocian varios órdenes de dificultades:

- *Umbrales temporales y escalas espaciales*. El efecto de la degradación en las existencias forestales de carbono depende del tiempo. Sería oportuno establecer umbrales temporales para cada tipo de bosque a fin de evitar que los efectos de la reducción de las existencias a corto plazo se sumen

a los de la reducción a largo plazo. Las prácticas de ordenación forestal sostenible, por ejemplo, pueden causar modificaciones temporales en las existencias de carbono que no conducen a la degradación, mientras que las prácticas insostenibles pueden ocasionar degradación a largo plazo.

- **Integración de los datos de campo y los datos satelitales.** El seguimiento de los cambios en las existencias de carbono por degradación del bosque depende esencialmente de la realización de estudios de campo. Los mejores datos son los que se obtienen gracias a la integración de informaciones de telepercepción e informaciones de campo que describen las propiedades biofísicas específicas del lugar. Es esencial saber cuáles son los parámetros biofísicos que hay que medir y cuáles los umbrales temporales que permiten relacionar ambos registros de información.
- **Impacto espacial e intensidad.** Las diferentes actividades que causan la degradación forestal se concentran a menudo en determinadas zonas de un país. Los esfuerzos para medir y controlar la degradación deben permitir llevar a cabo el seguimiento de las principales actividades y conocer sus impactos, con el fin de que el uso de los recursos pueda ser el más eficaz posible (Herold y Skutsch, 2011).
- **Identificación de los principales depósitos de carbono afectados por la degradación.** Los métodos para calcular los cambios en las existencias de carbono varían según cual sea el depósito de carbono considerado (véase el recuadro, página 17, arriba) y según el nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono, por ejemplo el metano y el óxido nitroso.

La medición de la degradación forestal ocurrida en el pasado tropieza con dificultades adicionales. Esta degradación es importante porque indica el potencial de un país para llevar a cabo la reducción de sus emisiones. La estimación *ex ante* de la degradación forestal puede ser necesaria para fijar un nivel de emisiones respecto al cual se calculará la reducción de emisiones para un período dado.

Además de las consideraciones generales relacionadas con la metodología, la evaluación de la degradación pretérita tropieza con las siguientes dificultades:

- **Carencia de datos.** Muchos países, en particular los situados en regiones tropicales, carecen de datos históricos sobre la degradación del bosque y sus repercusiones en las existencias de carbono. Los datos históricos nacionales se limitan a menudo a los archivos de información satelital; y la propia telepercepción es una técnica imperfecta para detectar la degradación.
- **Insuficiencia de capacidades.** Si bien muchos países en desarrollo han adquirido un cierto grado de experiencia en materia de seguimiento de las actividades forestales comerciales y llevan registros de los datos adquiridos, sus recursos humanos y otras capacidades a menudo son insuficientes para llevar a cabo un estudio nacional de la deforestación pretérita y la degradación del bosque.

- **Consideraciones de índole temporal.** No existe en la actualidad un convenio para definir un umbral temporal relacionado con la pérdida de carbono a largo plazo. Las pérdidas de carbono acumulativas graduales y prolongadas se pueden medir por diversos métodos directos. En el caso de las que ocurren más rápidamente, las observaciones satelitales y de campo pueden verse impedidas a causa del cerramiento del vuelo arbóreo.
- **Integración de diferentes fuentes de los datos.** No es frecuente que se disponga de series de datos sobre la degradación del bosque que ha ocurrido en el pasado; y resulta muy difícil combinar los datos de telepercepción con la información acerca de las propiedades biofísicas específicas del lugar sacada de evaluaciones anteriores o de otras fuentes.
- **Incongruencias a la hora de vincular los conjuntos de datos históricos y actuales con las metodologías.** Los diferentes sistemas que se han utilizado para adquirir datos

Selección de estudios sobre métodos para medir la degradación forestal

País	Telepercepción	Recolección de datos de campo	Combinación de ambas	Detalles metodológicos	Fuente
Brasil			X	Relación entre el análisis espectral de mezclas y la biomasa sobre el suelo, medida en la faja forestal.	FAO, 2009a
República Democrática del Congo	X			Medición de campo de la degradación forestal en parcelas permanentes.	FAO, 2009b
México		X		Mediciones efectuadas en 23 000 de las aproximadamente 25 000 parcelas de 1 ha establecidas; las mediciones se repitieron cada año en el 20 % de las parcelas.	de Jong <i>et al.</i> , 2010
México			X	Perturbación del bosque: bosque inalterado dominado por árboles y arbustos secundarios. Relación entre el índice MODIS normalizado diferencial de la vegetación y el volumen de la biomasa aérea derivado del inventario forestal nacional.	FAO, 2009c
Nepal	X	X	X	Comparación entre los métodos utilizados en Nepal para medir la degradación.	FAO, 2009d

1 Ejemplos de métodos directos de medición de la degradación forestal

Izquierda: análisis de mezclas espectrales (SMA) y estimaciones de la biomasa sobre el suelo (AGB) utilizados para el seguimiento de la dinámica de la degradación en bosques amazónicos de tierras bajas

Derecha: análisis de lagunaridad e índice de homogeneidad translacional (ITH) para estimar el ancho de copa en paisajes forestales amazónicos

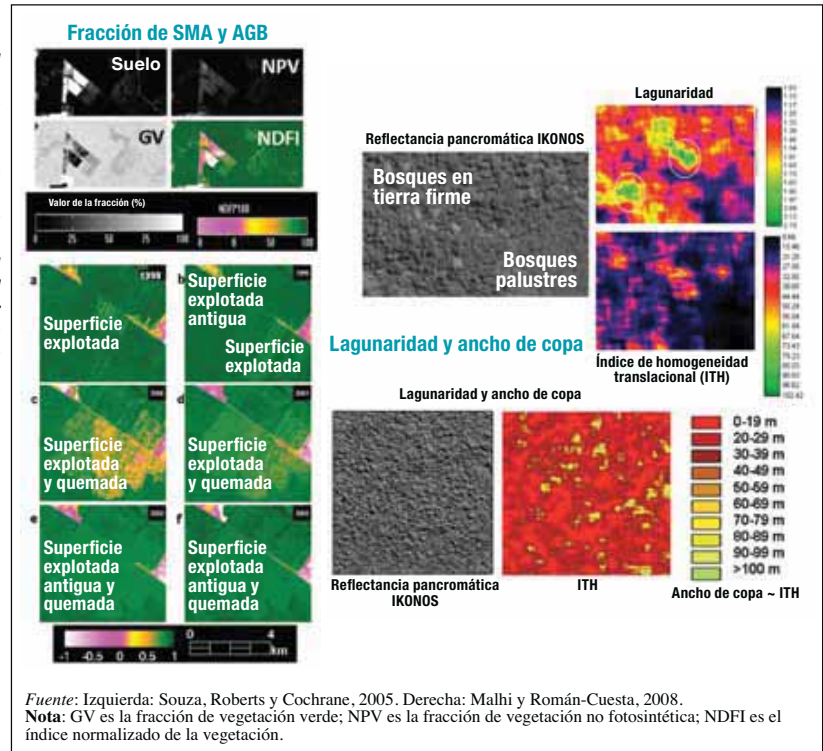
Otros ejemplos se pueden consultar en claslite.ciw.edu

mediante procesos diversos son a menudo incompatibles entre sí y necesitan ser armonizados para que los datos tengan un perfil coherente.

Enfoques

Los datos de campo de los que se dispone en muchos países en desarrollo son escasos o no existen en absoluto. Además, en dichos países los procedimientos para llevar a cabo mediciones coherentes de los cambios en las existencias de carbono aún no han sido establecidos, pero podrían crearse siempre y cuando se respetasen las siguientes condiciones. Los factores históricos de las emisiones se pueden derivar del análisis de las pérdidas actuales en las existencias de carbono que han resultado de procesos de degradación similares, y del estudio y correlación de sus secuencias cronológicas con los datos históricos disponibles, como las imágenes de telepercepción almacenadas en archivos. Para algunas de las actividades que ocasionan degradación sería posible recolectar datos en los registros de las empresas que las han realizado. Por ejemplo, se podría hacer uso del registro de volumen de las extracciones para obtener indicaciones sobre las actividades de aprovechamiento selectivo.

Cuando se opta por estos enfoques para el cálculo de las emisiones que han ocurrido en el pasado, es importante tomar en consideración los factores de incertidumbre. Un caso particular es el manejo de los datos del país para la estimación del cambio en las existencias de carbono por unidad de área y de tiempo (por ejemplo, mediante el enfoque de nivel 2;



véase el recuadro, página 17, abajo). El cálculo de los datos del país para un parámetro dado depende estrechamente de los muestreos de campo, que con frecuencia se realizan con el auxilio de inventarios forestales nacionales. Sin embargo, la estimación del área afectada por la degradación podría hacerse de modo más fiable llevando a cabo operaciones de telepercepción total de alcance nacional o por muestreo (véase el cuadro). Es por eso que conviene fomentar el uso de la telepercepción para la recolección de datos de campo y la validación en el campo para verificar los datos de telepercepción.

Ejemplos seleccionados

Métodos directos e indirectos

La superficie afectada por la degradación forestal puede ser calculada de dos formas mediante telepercepción: por métodos directos y por métodos indirectos:

1. La detección directa de la degradación y de los cambios relacionados que afectan a la zona consiste en el reconocimiento de los indicios de daños que han afectado al dosel extraídos de las imágenes satelitales: vacíos en el dosel arbóreo, pequeñas superficies desbrozadas y cambios estructurales del bosque debidos a

perturbaciones (Asner *et al.*, 2005; Souza, Roberts y Cochrane, 2005; Oliveira *et al.*, 2007).

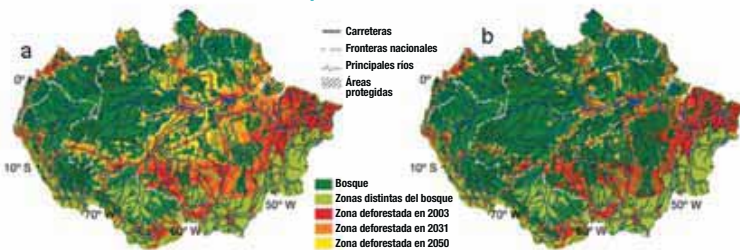
2. Mediante los métodos indirectos es posible conocer la distribución espacial y la evolución de las infraestructuras humanas (p. ej., carreteras y centros habitados) que sirven de indicadores sustitutos de las áreas que han sufrido degradación reciente.

El levantamiento de mapas de la degradación por métodos directos tropieza sin embargo con algunas limitaciones. En primer término, las observaciones deben ser frecuentes y practicarse por ejemplo una o dos veces al año porque los rasgos espaciales del bosque degradado cambian cuando los vacíos del dosel se cierran. En segundo lugar, no todos los procesos de degradación pueden ser objeto de supervisión segura mediante telepercepción. Como regla general, mientras más graves han sido la degradación y el daño del dosel, más fácil resulta cartografiar estos efectos con exactitud por observaciones satelitales directas (Coops, Wulder y White, 2007). Sin embargo, muchas actividades causantes de la degradación que se llevan a cabo a nivel local, tales como la recolección de leña, solo afectan al

Bosques intactos e infraestructuras humanas



Modelos de hipótesis sobre la deforestación



Fuentes: Arriba: Mollicone *et al.*, 2007. Abajo: Soares-Filho *et al.*, 2006.

2

Ejemplos de métodos indirectos para la medición de la degradación forestal

Arriba: estimación de bosques inalterados y no inalterados según las zonas de influencia (zonas tampón) determinadas por las infraestructuras humanas. El ejemplo ilustra la evolución de un paisaje forestal en el cual se han construido nuevas carreteras que han ocasionado una reducción de la superficie total del bosque inalterado (cuadrículas verdes)

Abajo: modelos de deforestación futura en la cuenca amazónica basados en dos hipótesis: a) si todo sigue igual, y b) aplicación de medidas de gobernanza eficaz

piso inferior y no se detectan al analizar las imágenes. En la Figura 1 se presentan dos ejemplos que ilustran los métodos directos.

Los métodos indirectos se demuestran útiles si la intensidad de la degradación ha sido leve y la superficie por evaluar es extensa; o cuando no se dispone fácilmente de imágenes satelitales o si por cualquiera otra razón no es posible aplicar los métodos directos. Los métodos indirectos funcionan mejor para cartografiar zonas recientemente degradadas, pero son menos eficaces cuando los episodios de degradación han sido reiterados.

El llamado enfoque del «bosque inalterado» es un método indirecto muy efectivo. En este enfoque la infraestructura humana vale como indicador sustitutivo de la degradación, y su ausencia permite identificar las tierras forestales que están libres de perturbación antropógena, es decir el bosque inalterado (Mollicone *et al.*, 2007; Potopov *et al.*, 2008). Un bosque inalterado es un bosque espeso. Se considera también bosque inalterado todo bosque con cubierta imperturbada equivalente al 10 a 100 por ciento de su superficie, es decir un terreno forestal en el cual no ha habido extracción de madera. Un bosque no inalterado no es un bosque espeso. La cubierta forestal del tal bosque supera el 10 por ciento, por lo que el bosque cumple con las condiciones definitorias enunciadas en el Protocolo de Kyoto, pero se supone que en ese bosque la extracción maderera sí ha tenido lugar y/o que el dosel se ha degradado.

Otro método indirecto que permite estimar tanto la dinámica futura como

Recolección de datos sobre corta selectiva

Según cálculos de la OIMT (2006), se dedican a la producción maderera en la actualidad 350 millones de hectáreas de bosque húmedo tropical. Los datos históricos de campo para evaluar el impacto de carbono derivado de la corta selectiva pueden provenir de diferentes fuentes:

- de la información procedente de encuestas selectivas de campo, como entrevistas, y de investigaciones y parcelas permanentes de ensayo (que con frecuencia constituyen proyectos de estudio locales);
- de la información procedente de actividades forestales comerciales, por ejemplo concesiones madereras y estimaciones de aprovechamiento; esta información se centra en las áreas de concesión conexas;
- de datos sustitutos relativos a los mercados nacionales (carbón, medios de subsistencia), tales como los índices de producción maderera contenidos en las estadísticas de aserraderos o las estadísticas relativas a operaciones de ventas y exportaciones (Nepstad *et al.*, 1999).

La cartografía satelital directa o indirecta aplicada a la corta selectiva para el cálculo de la degradación forestal nacional es un técnica que hoy en día está en auge. Las investigaciones sobre cartografía satelital iniciaron a comienzos de este siglo con resultados que han ido mejorando regularmente (Asner *et al.*, 2002; 2004; Souza *et al.*, 2003; Souza, Roberts y Cochrane, 2005). En los últimos años se han publicado los primeros mapas satelitales en gran escala de alta resolución sobre la corta selectiva y la degradación para una gran parte de la Amazonia brasileña (Asner *et al.*, 2005), la totalidad del África (Laporte *et al.*, 2007), partes de Oceanía (Shearman *et al.*, 2008) y para otros países amazónicos (Oliveira *et al.*, 2007). Últimamente, una primera investigación cartográfica directa de alcance mundial sobre la corta selectiva en bosques tropicales húmedos ha mostrado que el efecto perturbador de las actividades extractivas llega muy adentro en el bosque y se deja sentir a menudo a gran distancia de los frentes de deforestación (Asner *et al.*, 2009).



Carretera, río y zona boscosa, Indonesia. Las fotografías aéreas pueden proporcionar información sobre los cambios estructurales del dosel arbóreo a lo largo del tiempo

FAO/H. HIRAOKE

la dinámica histórica de la degradación forestal es por modelización de hipótesis. Soares-Filho *et al.* (2006) publicaron un ejemplo de modelos de deforestación en la cuenca amazónica mediante mapas de simulación de la deforestación futura con arreglo a diversas hipótesis definidas por los usuarios. Si se dispone de datos de campo idóneos, un método de modelización similar podría usarse para construir o reconstruir las hipótesis históricas y futuras de la degradación forestal. En la Figura 2 se ofrecen dos ejemplos de métodos indirectos para la evaluación de la degradación.

Fotografía aérea

La fotografía aérea ha jugado un papel importante en los estudios forestales (Caylor, 2000; Hall, 2003), y representaba, hasta 1999, año del lanzamiento de IKONOS, primer satélite para la captura de imágenes de alta resolución consultables por el público, el único medio para hacer el seguimiento del estado del dosel. Mediante la fotografía aérea se obtienen informaciones sobre los cambios estructurales del dosel a lo largo del tiempo que sirven para conocer las tasas históricas de la degradación del bosque. En los estudios de largo plazo sobre la dinámica del dosel se han aplicado técnicas para la detección de los vacíos, que consisten

en modelos digitales multitemporales de la superficie (Nakashizuka, Katsuki y Tanaka, 1995; Tanaka y Nakashizuka, 1997; Itaya, Miura y Yamamoto, 2004; Ticehurst, Phinn y Held, 2007). Estos modelos se obtienen a partir de fotografías aéreas o por medio del sistema lidar, y permiten calcular también el crecimiento del bosque.

La calidad de las estimaciones de las tasas históricas de la degradación es aún mejor si las imágenes satelitales se someten a análisis adicionales, en particular para evaluar los cambios en las existencias de carbono de cada árbol. La altura del árbol y la superficie de la copa se pueden calcular mediante fotografías aéreas o por el sistema lidar, y los cálculos alométricos, gracias a los cuales es posible hacer extrapolaciones a partir de un pequeño número de mediciones, sirven para estimar las existencias de carbono de cada árbol. Sin embargo, con frecuencia las ecuaciones alométricas relativas a la altura, diámetro y biomasa del árbol no dan cuenta de la complejidad estructural de los bosques tropicales ni de las especies que los componen.

Otros dos métodos para la evaluación de la superficie de las copas por fotografía aérea son el sistema de seguimiento del valle (Leckie *et al.*, 2003; 2004; Gougeon y Leckie, 2006), que consiste en el rastreo

de los valles de sombra mediante imágenes en escala de grises, y el método de cuencas hidrográficas (Wang, Gong y Biging, 2004; Hirata, Sakai y Tsuboto, 2009), que percibe la magnitud del gradiente de la imagen como una superficie topográfica con sus límites o «lindes de cuenca» de acuerdo con los píxeles más grandes. Este último método puede servir para determinar la degradación del dosel.

Seguimiento de la biomasa en combustión

Las sistemas de observación satelital han demostrado ser técnicas útiles para la detección y el seguimiento de los incendios, porque cumplen tres propósitos principales: la identificación de los incendios activos, la cartografía de las superficies quemadas (cicatrices dejadas por el fuego), y la caracterización de los incendios (p. ej., gravedad del fuego, cantidad de energía liberada). Existen para el estudio de la quema dos técnicas particularmente útiles: el método directo y el indirecto (GOFC-GOLD, 2010):

1. Un método ascendente o indirecto (Seiler y Crutzen, 1980):

$$L = A \times Mb \times Cf \times Gef,$$

donde la cantidad de gas emitido o particulados L (g) es el producto de la superficie afectada por el fuego A (m^2), la carga combustible por unidad de superficie Mb ($g\ m^{-2}$), el factor de combustión Cf , que equivale a la proporción de biomasa consumida por el fuego ($g\ g^{-1}$), y el factor o razón de emisión Gef , que equivale a



FAO/C. PALMBERG/LEICHTHE

El análisis de los datos de satélite puede dar indicaciones para estimar las emisiones provenientes de la biomasa en combustión

la cantidad de gas liberado por cada especie gaseosa por unidad de carga de biomasa consumida (g g^{-1}). Con este método existe una gran incertidumbre en cuanto a la superficie quemada y el factor de combustión. Esto es especialmente cierto en el caso de las evaluaciones de episodios históricos de quema de biomasa para los cuales se dispone de escasos conjuntos de datos.

- Un método directo con el cual se mide la energía emitida por los incendios activos y que permite calcular la totalidad de la biomasa consumida. El componente radiativo de la energía liberada durante la quema de la vegetación se puede conocer por telepercepción a longitudes de onda infrarrojas medianas y térmicas (Ichoku y Kaufman, 2005; Wooster *et al.*, 2005; Smith y Wooster, 2005). Se ha demostrado que esta medida instantánea —el poder radiativo del fuego expresado en vatios (W)— se relaciona con el índice de consumo de la biomasa (g/s). Sin embargo, los métodos directos son aún del dominio de la investigación y no han tenido aplicaciones prácticas.

CONCLUSIONES

La medición de la degradación forestal y de los cambios afines en las existencias de carbono resulta más complicada y costosa que la medición de la deforestación. Las mediciones consisten en la observación de modificaciones de la estructura del bosque —no siempre fácilmente detectables por telepercepción— que no han implicado cambios en el uso de la tierra.

Parece poco probable que la medición coherente y exacta de la totalidad de los cambios en las existencias de carbono resultantes de la degradación forestal ocurridos en el país pueda realizarse en el futuro cercano. Las actividades de seguimiento podrían ser más selectivas y eficaces y desvelar en primer lugar los elementos fundamentales de los cambios si las indagaciones se concentrasen en los principales depósitos de carbono y en las zonas del país donde las actividades que ocasionan la degradación se llevan a cabo con mayor intensidad.

Para que las acciones de seguimiento correspondan a la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión

de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, los países deben evaluar tanto los cambios en las existencias de carbono (factores de emisión) como la superficie total sometida a degradación (datos de actividad). Lo ideal sería que las mediciones tuviesen por objetivo actividades —incendios, extracción maderera, extracción de leña— que determinan cambios en las existencias de carbono de bosques que siguen siendo bosques.

Para la evaluación de los cambios en las existencias de carbono se precisa disponer de datos terrestres coherentes. En particular para los países en desarrollo, la evaluación de la totalidad de la superficie sometida a degradación en lo concerniente a la corta selectiva y al fuego —principales causantes de la degradación— se podría llevar a cabo con mayor fiabilidad mediante telepercepción. Para evaluar las emisiones que resultan tanto de la degradación forestal actual como de la degradación que ha ocurrido en el pasado, será necesario reunir una información congruente que dé cuenta de los factores de emisión y de los datos de actividad. ♦



Bibliografía

- Asner, G.P., Keller, M., Pereira, R. Jr. y Zweede, J.C. 2002. Remote sensing of selective logging in Amazonia: assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis. *Remote Sensing of Environment*, 80(3): 483–496. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00326-1.
- Asner, G.P., Keller, M., Pereira, R. Jr., Zweede, J.C. y Silva, J.N.M. 2004. Canopy damage and recovery after selective logging in Amazonia: field and satellite studies. *Ecological Applications*, 14(4 Suppl.): S280–S298. DOI: 10.1890/01-6019.
- Asner, G.P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J.C., Keller, M. y Silva, J.N. 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, 310(5747): 480–482. DOI: 10.1126/science.1118051.
- Asner, G.P., Rudel, T.K., Aide, T.M., Defries, R. y Emerson, R. 2009. A contemporary assessment of change in humid tropical forests. *Conservation Biology*, 23(6):1386–1395. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01333.x.
- Caylor, J. 2000. Aerial photography in the next decade. *Journal of Forestry*, 98(6): 17–19.
- CMNUCC. 2008. Informal Meeting of Experts on Methodological Issues related to Forest Degradation, 20 y 21 de octubre de 2008, Bonn, Alemania: resumen del presidente de los principales mensajes de la reunión. Disponible en: unfccc.int/methods_science/redd/items/4579.php
- CMNUCC. 2009a. Decision 4/CP.15: Methodological guidance for activities relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries. En *Report of the Conference on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009*. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its fifteenth session. Disponible en: unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/11a01.pdf#page=11.
- CMNUCC. 2009b. *Cost of implementing methodologies and monitoring systems relating to estimates of emissions from deforestation and forest degradation, the assessment of carbon stocks and greenhouse gas emissions from changes in forest cover, and the enhancement of forest carbon stocks*. Documento técnico. Disponible en: unfccc.int/resource/docs/2009/tp/01.pdf.
- Coops, N.C., Wulder, M.A. y White, J.C. 2007. Identifying and describing forest disturbance and spatial pattern: data selection issues and methodological implications. En M.A. Wulder y S.E. Franklin, eds., *Understanding forest disturbance and spatial pattern: remote sensing and GIS approaches*. Boca Raton, EE.UU., Taylor and Francis, pp. 31–62. DOI: 10.1201/9781420005189.ch2.
- De Jong, B., Anaya, C., Masera, O., Olguín, M., Paz, F., Etchevers, J., Martínez, R.D., Guerrero, G. y Balbontín, C. 2010. Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 260(10): 1689–1701. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.08.011.
- FAO. 2006. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005 – Hacia la*

- ordenación forestal sostenible. Estudio FAO: Montes N° 147. Roma (también disponible en <http://www.fao.org/docrep/009/a0400s/a0400s00.htm>).
- FAO.** 2009a. *Integrating forest transects and remote sensing data to quantify carbon loss due to forest degradation in the Brazilian Amazon*, por C.M. Souza, Jr., M.A. Cochrane, M.H. Sales, A.L. Monteiro y D. Mollicone. Forest Resources Assessment Working Paper No. 161. Roma (también disponible en www.fao.org/docrep/012/k7180e/k7180e00.pdf).
- FAO.** 2009b. *La dégradation des forêts en République Démocratique du Congo*, por C.M. Kamungandu. Évaluation des ressources forestières. Document de travail 169. Roma (también disponible en www.fao.org/docrep/012/k8270f/k8270f00.pdf).
- FAO.** 2009c. *Análisis del índice normalizado de la vegetación (NDVI) para detección de degradación de la cubierta forestal en México 2008-2009*, por C.L.M. Tovar. Evaluación de los recursos forestales. Documento de trabajo N° 173. Roma (también disponible en www.fao.org/docrep/012/k8593s/k8593s00.pdf).
- FAO.** 2009d. *Forest degradation in Nepal: review of data and methods*, por K.P. Acharya y R.B. Dangi. Forest Resources Assessment Working Paper No. 163. Roma (también disponible en www.fao.org/docrep/012/k7608e/k7608e00.pdf).
- GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics).** 2010. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. GOFC-GOLD Report version COP15-1. Alberta, Canadá, Natural Resources Canada (también disponible en www.gofc-gold.uni-jena.de/redd/).
- Gougeon, F.A. y Leckie, D.G.** 2006. The individual tree crown approach applied to IKONOS images of a coniferous plantation area. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72(11): 1287–1297.
- Hall, R.J.** 2003. The roles of aerial photographs in forestry remote sensing image analysis. En M.A. Wulder y S.E. Franklin, eds., *Remote sensing of forest environments: concepts and case studies*. Boston, EE.UU., Dordrecht, Países Bajos y Londres, Kluwer Academic Publishers, pp. 47–75.
- Herold M. y Skutsch, M.** 2011. Monitoring, reporting and verification for national REDD+ programmes: two proposals. *Environmental Research Letters*, 6(1): 014002. DOI: 10.1088/1748-9326/6/1/014002.
- Hirata, Y., Sakai, A. y Tsuboto, Y.** 2009. Allometric models of DBH and crown area derived from QuickBird panchromatic data in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* stands. *International Journal of Remote Sensing*, 30(19): 5071–5088. DOI: 10.1080/01431160903022977.
- Ichoku, C. y Kaufman, Y.J.** 2005. A method to derive smoke emission rates from MODIS fire radiative energy measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(11): 2636–2649. DOI: 10.1109/TGRS.2005.857328.
- IPCC.** 2003a. *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types*. Hayama, Japón, Instituto para las Estrategias Ambientales Globales para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (también disponible en www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/degradation_contents.html).
- IPCC.** 2003b. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Hayama, Japón, Instituto para las Estrategias Ambientales Globales para el IPCC (también disponible en www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html).
- IPCC.** 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use*. Hayama, Japón, Instituto para las Estrategias Ambientales Globales para el IPCC (también disponible en www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm).
- Itaya, A., Miura, M. y Yamamoto, S.** 2004. Canopy height changes of an old-growth evergreen broad-leaved forest analyzed with digital elevation models. *Forest Ecology and Management*, 194(1–3): 403–411.
- Laporte, N.T., Stabach, J.A., Grosch, R., Lin, T.S. y Goetz, S.J.** 2007. Expansion of industrial logging in central Africa. *Science*, 316(5830): 1451. DOI: 10.1126/science.1141057.
- Leckie, D.G., Gougeon, F.A., Walsworth, N. y Paradine, D.** 2003. Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis. *Remote Sensing of Environment*, 85(3): 355–369. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00013-0.
- Leckie, D.G., Jay, C., Gougeon, F.A., Sturrock, R.N. y Paradine, D.** 2004. Detection and assessment of trees with *Phellinus weirii* (laminated root rot) using high resolution multi-spectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25(4): 793–818.
- Malhi, Y. y Román-Cuesta, R.M.** 2008. Analysis of lacunarity and scales of spatial homogeneity in IKONOS images of Amazonian tropical forest canopies. *Remote Sensing of Environment*, 112(5): 2074–2087. DOI: 10.1016/j.rse.2008.01.009.
- Mollicone, D., Achard, F., Federici, S., Eva, H.D., Grassi, G., Belward, A., Raes, F., Seufert, G., Stibig, H.-J., Matteucci, G. y Schulze, E.-D.** 2007. An incentive mechanism for reducing emissions from conversion of intact and non-intact forests. *Climatic Change*, 83(4): 477–493. DOI: 10.1007/s10584-006-9231-2.
- Nabuurs, G.J., Masera, O., Andrasko, K., Benítez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M., Elsidig, E., Ford-Robertson, J., Frumhoff, P., Karjalainen, T., Krankina, O., Kurz, W.A., Matsumoto, M., Oyhantcabal, W., Ravindranath, N.H., Sanz Sánchez, M.J. y Zhang, X.** 2007. Forestry. En B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave y L. Meyer, eds., *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press, pp. 541–584.
- Nakashizuka, T., Katsuki, T. y Tanaka, H.** 1995. Forest canopy structure analyzed by using aerial photographs. *Ecological Research*, 10(1): 13–18. DOI: 10.1007/BF02347651.
- Nepstad, D.C., Verissimo, A., Alencar, A., Nobre, C., Lima, E., Lefebvre, P., Schlesinger, P., Potter, C., Moutinho, P., Mendoza, E., Cochrane, M. y Brooks, V.** 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*, 398: 505–508. DOI: 10.1038/19066.
- OIMT.** 2006. *Status of tropical forest management 2005*. ITTO Technical Series

- No. 24. Yokohama, Japón, Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Disponible en: www.itto.or.jp/live/PageDisplayHandler?pageId=270.
- Oliveira, P.J.C., Asner, G.P., Knapp, D.E., Almeida, A., Galván-Gildemeister, R., Keene, S., Raybin, R.F. y Smith, R.C.** 2007. Land-use allocation protects the Peruvian Amazon. *Science*, 317(5842): 1233–1236.
- Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., Aksenov, D., Egorov, A., Yesipova, Y., Glushkov, I., Karpachevskiy, M., Kostikova, A., Manisha, A., Tsybikova, E. y Zhuravleva, I.** 2008. Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society*, 13(2):51. Disponible en: www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/.
- Seiler, W. y Crutzen, P.J.** 1980. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change*, 2(3): 207–247. DOI: 10.1007/BF00137988.
- Shearman, P., Bryan, J., Ash, J., Hunnam, P., Mackey, B. y B. Lokes.** 2008. *The State of the Forests of Papua New Guinea: mapping the extent and condition of forest cover and measuring the drivers of forest change in the period 1972–2002*. Port Moresby, Papua Nueva Guinea, Universidad de Papua Nueva Guinea.
- Smith, A.M.S. y Wooster, M.J.** 2005. Remote classification of head and backfire types from MODIS fire radiative power and smoke plume observations. *International Journal of Wildland Fire*, 14(3): 249–254. DOI: 10.1071/WF05012.
- Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C., Curran, L.M., Cerqueira, G.C., Garcia, R.A., Ramos, C.A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P. y Schlesinger, P.** 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440: 520–523. DOI: 10.1038/nature04389.
- Souza, C. Jr., Firestone, L., Silva, L.M. y Roberts, D.** 2003. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 494–506. DOI: 10.1016/j.rse.2002.08.002.
- Souza, C. Jr., Roberts, D.A. y Cochrane, M.A.** 2005. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. *Remote Sensing of Environment*, 98: 329–343. DOI: 10.1016/j.rse.2005.07.013.
- Tanaka, H. y Nakashizuka, T.** 1997. Fifteen years of canopy dynamics analyzed by aerial photographs in a temperate deciduous forest, Japan. *Ecology*, 78: 612–620. DOI: 10.1890/0012-9658(1997)078[0612:FYO CDA]2.0.CO;2.
- Ticehurst, C., Phinn, S y Held, A.** 2007. Using multitemporal digital elevation model data for detecting canopy gaps in tropical forests due to cyclone damage: an initial assessment. *Austral Ecology*, 32(1): 59–69. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2007.01734.x.
- Wang, L., Gong, P. y Biging, G.S.** 2004. Individual tree-crown delineation and treetop detection in high-spatial-resolution aerial imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(3): 351–357.
- Wooster, M.J., Roberts, G., Perry, G.L.W. y Kaufman, Y.J.** 2005. Retrieval of biomass combustion rates and totals from fire radiative power observations: FRP derivation and calibration relationships between biomass consumption and fire radiative energy release. *Journal of Geophysical Research*, 110: D24311. DOI: 10.1029/2005JD006318. ♦

Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal

I. Thompson

El respeto de ciertos principios de ordenación forestal puede conducir al aumento de la resiliencia a largo plazo y a favorecer la adaptación del bosque a los efectos del cambio climático.

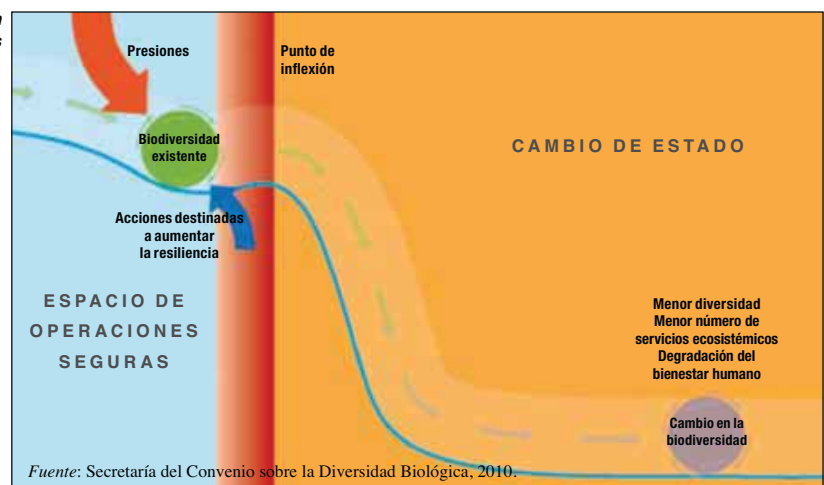
Los bosques encierran múltiples ecosistemas que se asocian, a través de amplias zonas paisajísticas, con la varianza de las pautas edáficas y microclimáticas. La composición y naturaleza de los ecosistemas forestales varía a lo largo del tiempo en consonancia con las perturbaciones naturales y los cambios en el régimen climático, pero se mantiene más o menos constante dentro de los límites de la variación natural (véase la figura), por lo que se la designa con el nombre de estado estable. Un bosque en estado estable puede producir toda una gama de bienes y servicios afines que son objeto de valoración por el hombre.

La biodiversidad es el sostén de la mayor parte de los bienes y servicios ecosistémicos, y muchos bosques tropicales en particular amparan unos elevados niveles de biodiversidad. La pérdida de biodiversidad puede tener consecuencias negativas considerables en la capacidad productiva de los bosques (p. ej., Thompson *et al.*, 2009; Bridgeland *et al.*, 2010; Cardinale *et al.*,

2011) y en la provisión de bienes y servicios forestales. Por lo tanto, dado que la degradación forestal se puede definir como la pérdida de la capacidad del bosque de producir los bienes y servicios esperados (p. ej., FAO, 2009), la pérdida de biodiversidad es el criterio esencial para medir la degradación forestal. La conservación de la biodiversidad es la piedra angular de la ordenación forestal sostenible (p. ej., Proceso de Montreal, 2009) y el factor clave que mantiene en funciones el ecosistema forestal.

En este artículo se estudian las modalidades gracias a las cuales el estado estable de los bosques se conserva en el tiempo, y se indica qué sucede cuando los mecanismos de recuperación natural sufren los efectos arrolladores de los fenómenos perturbadores. Se describe asimismo la función primordial de la ordenación forestal sostenible, incluida la conservación de la biodiversidad, que es el contrafuerte de los mecanismos de recuperación, y se exponen los principios ecológicos aplicables a la ordenación forestal.

Ilustración de los puntos de inflexión o umbrales de los ecosistemas



Ian Thompson es científico investigador del Servicio Forestal Canadiense, Sault Ste. Marie, Ontario (Canadá).

RESILIENCIA Y RESISTENCIA

Definiciones

Una característica importante de los bosques es la *resiliencia*, o capacidad del bosque de recuperarse tras fenómenos de perturbación importantes (p. ej., Gunderson, 2000). Bajo la mayor parte de los regímenes de perturbación natural, los bosques consiguen mantener su resiliencia en el tiempo. La resiliencia forestal es una propiedad ecosistémica emergente que deriva de la biodiversidad en múltiples escalas, y comprende desde la diversidad genética hasta la diversidad paisajística (Thompson *et al.*, 2009). Para mantener la producción de los bienes y servicios que el ser humano obtiene de los bosques, los ecosistemas forestales deben poder restablecerse tras los episodios de perturbación y no sufrir degradación en el tiempo.

Relacionado con el concepto de resiliencia está el de *resistencia*, que es la capacidad del bosque de resistir a alteraciones de menor envergadura a lo largo del tiempo, tales como la muerte de algunos árboles o un nivel crónico de herbivoría provocada por insectos. Los bosques son por lo general conjuntos estables que cambian poco en el tiempo cuando son afectados por perturbaciones no catastróficas. Los cambios de leve importancia son alteraciones susceptibles de mitigación, como los vacíos en el dosel —que se crean por la muerte de algunos árboles o grupos de árboles—, los cuales terminan colmándose rápidamente por el crecimiento de nuevos individuos jóvenes. Los bosques también pueden ser resistentes a ciertos cambios ambientales, tales como las pautas climáticas a lo largo del tiempo, debido a la redundancia de las especies funcionales (la *redundancia* se refiere a la superposición o duplicación de las funciones ecológicas de un grupo de especies; véase Mecanismos) (p. ej., Díaz y Cabido, 2001).

Los ecosistemas pueden ser muy resilientes pero poco resistentes a una determinada perturbación. Por ejemplo, muchos bosques boreales no son especialmente resistentes al fuego pero sí

sumamente resilientes al mismo, y normalmente se recuperan por completo tras la quema al cabo de algunos años. Por lo general, la mayor parte de los bosques naturales, especialmente los bosques primarios viejos, son tanto resilientes como resistentes a diversos tipos de cambios. La pérdida de resiliencia puede ser causada por la pérdida de grupos funcionales (véase Mecanismos y Puntos de inflexión) y deberse a modificaciones ambientales tales como las grandes alteraciones climáticas, a una deficiente ordenación forestal o a una variación intensa y prolongada de los regímenes naturales de perturbación (Folke *et al.*, 2004).

Mecanismos

Existen claros indicios de que la resiliencia forestal está vinculada con la biodiversidad normal, propia del ecosistema (p. ej., Folke *et al.*, 2004; Thompson *et al.*, 2009). En particular, ciertas especies y grupos de especies desempeñan funciones clave en el bosque y son por lo tanto esenciales para el mantenimiento de la totalidad de sus procesos funcionales (Díaz y Cabido, 2001). Por ejemplo, los pájaros depredadores pueden hacer que los índices de abundancia de insectos forestales se mantengan bajos y se reduzca la posibilidad de que ocurra una herbivoría catastrófica de árboles causada por insectos, lo que acarrea un aumento de la productividad arbórea (p. ej., Bridgeland *et al.*, 2010).

Los organismos polinizantes, como algunos insectos, murciélagos y aves, representan también ejemplos excelentes de especies altamente funcionales presentes en el ecosistema, sin cuya intervención la reproducción de las plantas no podría tener lugar. La resiliencia forestal depende en gran medida de estas especies clave y de su función como agentes de un nuevo desarrollo conforme el bosque se recupera tras las perturbaciones sufridas, incluidas las intervenciones de ordenación forestal.

A nivel genético, la capacidad de resiliencia está dada por la aptitud de la especie de persistir en una amplia gama de condiciones de variabilidad ambiental, tolerando por ejemplo distintos valores de temperatura o un cierto grado de humedad. A nivel de la especie, existen diversas respuestas comportamentales y funcionales que ayudan a la especie a repoblar una zona perturbada o a hacer frente a los cambios ambientales. Además, la reserva paisajística de las especies disponibles (p. ej., Tylanakis *et al.*, 2008) y la conectividad del paisaje quedan reflejadas con bastante exactitud en los procesos de ensamblado ecosistémico. En la esfera del paisaje, la heterogeneidad de los bosquetes puede proporcionar una medida de la redundancia de las especies y constituir una fuente de colonizadores que, a medida que el bosque se vuelve a desarrollar o se recupera tras el episodio de perturbación, podría permitir a las



Bosque de frondosas compuesto principalmente de chopo temblón en el bosque boreal del Canadá septentrional. Los bosques pueden no ser especialmente resistentes a ciertas perturbaciones a las cuales sí son resilientes

EVGA YANCHUK

**Bosque degradado de enebro
(*Juniperus thurifera*) en el
Alto Atlas (Marruecos)**

comunidades converger en los tipos de bosque original. De ahí que el concepto de resiliencia implique necesariamente un razonamiento que procede de la escala de lo pequeño a la de lo extenso.

**Pérdida de resiliencia y
degradación forestal**

El estado del ecosistema se define de acuerdo con la composición florística (arbórea) dominante y la estructura esperada de un determinado rodal. El cambio en el estado del bosque resulta de la pérdida de resiliencia y se caracteriza por una modificación parcial o total que da origen a un tipo de ecosistema diferente del que se habría esperado para la zona. Los cambios de situación se traducen en una reducción de la producción de bienes y servicios. Por lo tanto, el «cambio en el estado del ecosistema» puede servir como indicador de degradación. Por ejemplo, si el bosque que se esperaba fuese una zona de especies mezcladas resulta dominado por unas pocas especies, o si en lugar de ser un bosque de cubierta de copas densa es en realidad un terreno forestal abierto o una sabana, se puede afirmar que el estado del bosque ha cambiado. Desde una perspectiva de la biodiversidad y de la producción, se trataría pues de cambios negativos que por lo general afectarían a la cuantía de los bienes y servicios disponibles.

Con frecuencia, la degradación de los bosques es el resultado de la aplicación de malas técnicas de aprovechamiento durante un determinado período. Sin embargo, la degradación forestal también obedece a razones distintas de la extracción maderera. Por ejemplo, los bosques pueden en apariencia estar intactos pero carecer de la mayor parte de las especies animales grandes, porque estas han sido aniquiladas por la caza abusiva (p. ej., Redford, 1992). En consecuencia, a largo plazo se observarán repercusiones adversas para la salud de los bosques que se deben al aumento de la herbivoría causada por insectos ya que el control que ejercían los depredadores ha faltado, o porque la diseminación de semillas, función antes realizada por animales que ahora ya no están presentes, se ha reducido.



STIRNER V. DORNE

Otro ejemplo de degradación puede ser el establecimiento de especies invasivas que han terminado prevaleciendo sobre las nativas, con la consiguiente merma de los bienes producidos por el ecosistema.

En todos los casos descritos más arriba, y cuando la gravedad de la alteración ha sido suficiente para determinar un cambio de estado, el alcance de la degradación del bosque puede medirse por telepercepción. Souza *et al.* (2003) cartografiaron mediante datos satelitales un bosque amazónico brasileño que había sufrido quemadas excesivas o que había sido intensamente explotado y quemado; y Strand *et al.* (2007) informaron de varios casos en que se ha recurrido a la telepercepción para hacer el seguimiento de bosques que se han visto afectados por especies arbóreas invasivas e insectos provenientes de diversas partes del mundo.

PUNTOS DE INFLEXIÓN

Los bosques no siempre suelen recuperarse tras los episodios de perturbación grave y prolongada. Existen umbrales de recuperación para las poblaciones de las distintas especies y para los procesos que tienen lugar dentro de los ecosistemas, y en último término para los propios ecosistemas. El punto en el cual el ecosistema pierde su capacidad de recuperación o su resiliencia e integridad se denomina *punto de inflexión o umbral ecológico*. Si la perturbación es demasiado intensa, esta da origen a una cascada de efectos que generan cambios marcados en el ecosistema forestal, los cuales determinan finalmente el paso del bosque a un nuevo

estado. Por ejemplo, una sequía grave o un incendio pueden convertir un monte xerofítico en sabana o incluso en pastizal. Muy a menudo, con el nuevo estado la provisión de productos y servicios para el ser humano podrá verse mermada.

A los puntos de inflexión se puede llegar rápidamente o de resultados de un cambio crónico que consume la capacidad de recuperación del ecosistema, como sucede cuando las especies se agotan gradualmente. Por ejemplo, la fragmentación forestal es un proceso en virtud del cual el bosque continuo termina abriéndose debido a las múltiples perturbaciones que lo han afectado. Un bosque puede fácilmente tolerar un cierto grado de pérdida de continuidad y seguir manteniendo sus especies y funciones; pero los estudios han indicado que determinados niveles de fragmentación son en realidad puntos de inflexión que conllevan pérdidas de biodiversidad forestal y de funcionalidad y una menor capacidad de producción de bienes y servicios (p. ej., Andrén, 1994; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2007).

Los ecosistemas pueden ser utilizados y explotados para la obtención de servicios, pero los servicios no deben exceder los niveles de sostenibilidad; y tampoco es posible extraer bienes de manera tal que el proceso ecosistémico termine destruyéndose (véase la figura). Una vez alcanzado el punto de inflexión, los cambios en el ecosistema son considerables y no lineales, y su naturaleza es con frecuencia impredecible y drástica (p. ej., Scheffer y Carpenter, 2003). Por ejemplo, algunas regiones del norte de África



Montes del Himalaya oriental (India).
La biodiversidad es el sostén de la resiliencia del bosque y representa una consideración clave para los responsables de la gestión forestal

A medida que cambia el clima mundial, los ecosistemas forestales se modifican porque los niveles de tolerancia fisiológica de algunas especies pueden haberse superado y el ritmo de muchos procesos biofísicos forestales puede alterarse (p. ej., Scholze *et al.*, 2006). La mayoría de los estudios indica que si prosiguen las tendencias actuales y pronosticadas, que apuntan a una escasez de precipitaciones y al aumento de las sequías, muchos bosques tropicales podrían dejar de presentar resiliencia al cambio climático a largo plazo (p. ej., Betts *et al.*, 2008; Malhi *et al.*, 2008).

Los ecosistemas forestales se componen de distintos gremios de especies. A través de las regiones, las zonas de distribución de cada una de ellas reflejan los nichos fisiológicos y ecológicos que les son inherentes; y los nichos, a su vez, los lugares en los que las condiciones ambientales son más favorables. Las especies dotadas de un amplio abanico de tolerancias fisiológicas pueden ser muy resilientes incluso a un cambio climático mundial importante. Asimismo, si las condiciones cambiantes las aventajaran respecto a sus competidoras, las especies que tienen nichos aparentemente estrechos podrían ser más resilientes de lo que pudieran ser en apariencia. En cualquiera de ambas situaciones posibles, esta capacidad correspondería a las especies que disponen de bancos de genes suficientemente amplios y variables que les permitan adaptarse o migrar. Sin embargo, para muchas esto no es el caso. En las zonas donde el tamaño de la población y/o la diversidad genética se han reducido, o donde la movilidad de las especies se ha restringido a causa de la pérdida del hábitat y la fragmentación, o es naturalmente baja, la adaptación idónea y autónoma de las especies a los cambios ambientales resulta menos probable. Las especies podrían estar condenadas a la extinción si se vieran expuestas a un cambio ambiental cuyo ritmo supera al de la adaptabilidad, o al de la dispersión de los individuos (p. ej., Schwartz *et al.*, 2006).

experimentaron un cambio más bien espectacular cuando, a consecuencia de los cambios climáticos pasados, el monte xerófito se transformó en desierto (Kröpelin *et al.*, 2008). Por desgracia, un punto de inflexión solo se suele detectar después de que ha sido alcanzado, y cuando sus repercusiones en el ecosistema, generalmente negativas, ya son evidentes. Por ello, para ordenar un bosque de forma sostenible es preciso aprender a reconocer los puntos de inflexión con anticipación.

Examen del cambio climático

A las muchas otras causas humanas de los impactos padecidos por el ecosistema se superpone el cambio climático mundial, que añade incertidumbre al reconocimiento de los puntos de inflexión. El clima ejerce una influencia determinante en las tasas de respiración, en la producción y en otros procesos, y su efecto se manifiesta por conducto de la temperatura, el forzamiento radiativo (incremento de la energía que queda en la atmósfera) y los regímenes de humedad a lo largo de períodos medianos y prolongados. El clima y las condiciones atmosféricas también influyen directamente en los procesos forestales de breve término, tales como los incendios, la herbivoría y la migración de especies.

Las negociaciones sobre el cambio climático relativas a los bosques han versado principalmente sobre cómo llevar a cabo las actuaciones de ordenación destinadas a mitigar los efectos de dicho cambio. Menos atención se ha prestado a la adaptación. La adaptación de los bosques al cambio climático consiste sobre todo en el mantenimiento de la resiliencia forestal aun si el tipo de ecosistema debiese variar. Si los ecosistemas se modifican realmente, será preciso entender qué respuesta dar, por medio de la ordenación forestal, a las modificaciones ocurridas. En la mayor parte de los casos, habrá que recurrir a medidas específicas que permitan la adaptación del bosque al cambio climático. Un mecanismo importante, tanto para mitigar los efectos climáticos como para adaptar el bosque al cambio climático, puede ser el mantenimiento de la resiliencia forestal.

ORDENAR EL BOSQUE PARA EVITAR LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN

La ordenación forestal sostenible consiste en una ordenación ecosistémica, la cual en buena parte tiene por objetivo subyacente la continuidad de la resiliencia natural. Una de las funciones esenciales del gestor forestal es ayudar al bosque a recuperarse tras la extracción de la madera u otros productos gracias al mantenimiento las propiedades del ecosistema en el tiempo. En los últimos años, esta tarea se ha complicado a causa de los factores de estrés adicionales que el cambio climático ejerce en los ecosistemas terrestres. Si bien una adecuada ordenación forestal sostenible, biológicamente racional, es un elemento fundamental del mantenimiento de la resiliencia, la respuesta al cambio climático requiere la realización de planes e intervenciones suplementarios. Si logramos un mejor entendimiento de los ecosistemas y sabemos predecir con exactitud en qué nivel del aprovechamiento se tocan los umbrales de inflexión, la gestión de los bienes y servicios forestales podría ser de índole más benigna.

Mantenimiento de la biodiversidad

El mantenimiento de la biodiversidad es el elemento clave para salvaguardar la resiliencia forestal y evitar los puntos de inflexión. La diversidad biológica del

bosque es el vínculo y sostén de la productividad, resiliencia y resistencia, y de la estabilidad del ecosistema a lo largo del tiempo y en el espacio. La merma de la biodiversidad de los sistemas forestales tiene implicaciones claras y a menudo adversas en el funcionamiento de dichos sistemas y en la cuantía de los bienes y servicios que pueden producir.

Del entendimiento de la forma en que la biodiversidad respalda la resiliencia y resistencia local del bosque es posible derivar indicaciones importantes sobre cómo mejorar la ordenación forestal. Por ejemplo, mientras es relativamente sencillo plantar árboles y realizar una producción maderera de ciclo corto, resulta mucho más difícil llevar a cabo la recuperación de un ecosistema forestal. La carencia de diversidad de las plantaciones forestales simples a todos los niveles (genecológico, de especies de flora y fauna y del paisaje) reduce la resiliencia y resistencia de estas a las perturbaciones, menoscaba la provisión de servicios y de muchos bienes, y expone el sistema a perturbaciones catastróficas. Mediante la aplicación de los principios de la ordenación ecológica, las plantaciones forestales pueden proporcionar más que simplemente madera, y los ecosistemas pueden ser restaurados al tiempo que mejora la capacidad productiva del bosque para un producto seleccionado (p. ej., Parrotta y Knowles, 1999; Brockerhoff *et al.*, 2008).

Entendimiento de los umbrales

Los ecosistemas forestales cambian continuamente en respuesta a las presiones ambientales de corto y breve período, lo que da origen a una varianza ecosistémica inherente a lo largo del tiempo. En consecuencia, los indicadores de función, tales como la producción de bienes y servicios, también fluctúan en el tiempo. Por ende, los umbrales se deben concebir como una gama de valores que permiten tener en cuenta tanto esta fluctuación como la incertidumbre estadística que se asocia con el insuficiente entendimiento del funcionamiento del ecosistema. Para evitar la degradación del ecosistema forestal, los gestores deberán entender los aspectos básicos de la relación entre biodiversidad local y productividad y el grado de perturbación que el ecosistema en cuestión es capaz de tolerar.

Acciones recomendadas

Puesto que los bosques cambian tras la explotación maderera o un ataque de insectos, o a causa de las alteraciones climáticas o los fenómenos climáticos extremos, debe ser preocupación de los gestores devolver el bosque a una situación en la que este podrá suministrar los bienes y servicios que se deseaba obtener de él. Un aspecto clave de todo plan destinado a mantener un flujo de bienes y servicios es la comprensión de la ecología forestal local, la cual ha de ser la base de la ordenación sostenible, y la manera en que el bosque podría modificarse en respuesta a los cambios del clima. Las siguientes acciones recomendadas se han elaborado con arreglo a principios destinados a mantener e intensificar la resiliencia forestal a largo plazo, y en especial a favorecer la adaptación del bosque al cambio climático:

1. Elaborar planes con antelación para mantener la biodiversidad en todas las escalas (rodal, paisaje, región) y para todos los elementos forestales (genes, especies, comunidades) sobre la base del entendimiento de los umbrales y de las futuras condiciones climáticas esperadas. Esto significa que las intervenciones se deben fundar en principios ecológicos y en el conocimiento de expertos, con el objeto de conservar la biodiversidad durante y después de la explotación forestal.
2. Mantener la diversidad genética en los bosques mediante prácticas de ordenación que no consistan en seleccionar tan sólo algunos árboles que se explotan en función del tipo de sitio, de su tasa de crecimiento o de la superioridad de su forma.
3. No reducir las poblaciones de ninguna de las especies arbóreas que conforman el paisaje a un nivel tal que la autorreposición resulte imposible.
4. Mantener la complejidad estructural de los rodales y paisajes utilizando los bosques naturales como modelos y puntos de referencia. Al ordenar los bosques, los gestores deberán procurar emular los procesos y la composición de los rodales naturales en cuanto a composición de especies y estructura, aplicando con este fin métodos silvícolas adecuados a los principales tipos de perturbación natural.
5. Mantener la conectividad a través de los paisajes forestales reduciendo la fragmentación, recuperando los hábitats perdidos (tipos de bosque) y expandiendo las redes de áreas protegidas. Los bosques intactos son más resilientes a las perturbaciones, incluido el cambio climático, que los bosques fragmentados.
6. Mantener la diversidad funcional (y la redundancia de especies) y limitar al mínimo la conversión de los distintos bosques naturales en plantaciones monotípicas o compuestas de un reducido número de especies.
7. Disminuir la competencia no natural mediante el control de las especies invasivas (y de las vías de entrada), y reducir la dependencia de las especies arbóreas de cultivo no nativas destinadas a la plantación, forestación o reforestación.
8. Reducir la posibilidad de que las actividades forestales produzcan resultados negativos asignando algunas áreas a la regeneración asistida de árboles de procedencias y zonas climáticas de una misma región cuyas características se aproximen a las condiciones esperadas futuras. Por ejemplo, en las zonas que de acuerdo con los pronósticos puedan convertirse en zonas más secas convendrá también plantar especies de árboles o individuos de procedencias más resistentes a la sequía que las especies y procedencias locales, tomando en consideración en especial las especies regionales.
9. Proteger como posibles hábitats futuros de origen a las poblaciones de especies aisladas o disjuntas, tales como las que viven en los márgenes de su zona de distribución natural. Estas poblaciones podrían constituir un acervo génico preadaptado capaz de responder al cambio climático y podrían formar una población testigo amoldada a los cambios de las condiciones climáticas.
10. Asegurar que existan redes nacionales y regionales representativas de las áreas protegidas globales, y que estas hayan sido establecidas con arreglo a principios científicos fiables. Incorporar dichas redes en los proyectos de planificación nacional y regional con vistas a

lograr una conectividad paisajística de amplio alcance.

11. Elaborar un plan eficaz de seguimiento que proporcione datos sobre las perturbaciones naturales, las condiciones climáticas y las consecuencias de las intervenciones silvícolas y de ordenación forestal posteriores a la explotación. Adaptar los planes futuros y las prácticas de aplicación según sea necesario.

La capacidad de conservar, aprovechar de modo sostenible y restaurar los bosques depende de nuestro entendimiento e interpretación de las pautas y procesos forestales en sus diversas escalas; de nuestra capacidad para reconocer la presencia de los umbrales ecosistémicos, y de la aptitud para traducir los conocimientos en acciones apropiadas de una ordenación forestal adaptativa. ♦



Bibliografía

- Andrén, H.** 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71(3): 355–366. DOI: 10.2307/3545823.
- Arroyo-Rodríguez, V., Aguirre, A., Benítez-Malvido, J. y Mandujano, S.** 2007. Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation*, 138(1–2): 198–206. DOI: 10.1016/j.biocon.2007.04.016.
- Betts, R., Sanderson, M. y Woodward, S.** 2008. Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363: 1873–1880. DOI: 10.1098/rstb.2007.0027.
- Bridgeland, W.T., Beier, P., Kolb, T. y Whitham, T.G.** 2010. A conditional trophic cascade: birds benefit faster growing trees with strong links between predators and plants. *Ecology*, 91: 73–84. DOI: 10.1890/08-1821.1.
- Brockhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Quine, C.P. y Sayer, J.** 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*, 17(5): 925–951. DOI: 10.1007/s10531-008-9380-x.
- Cardinale, B.J., Matulich, K.L., Hooper, D.U., Byrnes, J.E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M.I. y Gonzalez, A.** 2011. The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98(3): 572–592. DOI: 10.3732/ajb.1000364.
- Díaz, S. y Cabido, M.** 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(11): 646–655. DOI: 10.1016/S0169-5347(01)02283-2.
- FAO.** 2009. *Hacia una definición de degradación de los bosques: análisis comparativo de las definiciones existentes*. Documento de trabajo Evaluación de los Recursos Forestales 154 (también disponible en: ftp.fao.org/docrep/fao/012/k6217s/k6217s00.pdf).
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. y Holling, C.S.** 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 557–581. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711.
- Gunderson, L.H.** 2000. Ecological resilience: in theory and application. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 31: 425–439. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.31.1.425.
- Kröpelin, S., Verschuren, D., Lézine, A.-M., Eggermont, H., Cocquyt, C., Francus, P., Cazet, J.-P., Fagot, M., Rumes, B., Russell, J.M., Darius, F., Conley, D.J., Schuster, M., von Suchodoletz, H. y Engstrom, D. R.** 2008. Climate-driven ecosystem succession in the Sahara: the past 6000 years. *Science*: 320(5877): 765–768. DOI: 10.1126/science.1154913.
- Malhi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Kileen, T.J., Li, W. y Nobre, C.A.** 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5680): 169–172. DOI: 10.1126/science.1146961.
- Montreal Process [Proceso de Montreal].** 2009. *Criteria and indicators for the conservation and sustainable management of temperate and boreal forests*, 4ª edición. Disponible en: www.rinya.maff.go.jp/mpci/2009p_4.pdf
- Parrotta, J.A. y Knowles, O.H.** 1999. Restoration of tropical moist forest on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology*, 7(2): 103–116. DOI: 10.1046/j.1526-100X.1999.72001.x.
- Redford, K.H.** 1992. The empty forest. *BioScience*, 42(6): 412–422. DOI: 10.2307/1311860.
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N.W. y Prentice, L.C.** 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proc. National Acad. Sciences*, 103: 13116–13120.
- Scheffer, M. y Carpenter, S.R.** 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(12): 648–656. DOI: 10.1016/j.tree.2003.09.002.
- Schwartz, M.W., Iverson, L.R., Prasad, A.M., Matthews, S.N. y O'Connor, R.J.** 2006. Predicting extinctions as a result of climate change. *Ecology*, 87(7): 1611–1615. DOI: 10.1890/0012-9658(2006)87[1611:PEAARO]2.0.CO;2.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.** 2010. *Global Biodiversity Outlook 3*. Montreal, Canadá. Disponible en: www.cbd.int/gbo3.
- Souza, C. Jr., Firestone, L., Silva, L.M. y Roberts, D.** 2003. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 494–506. DOI: 10.1016/j.rse.2002.08.002.
- Strand, H., Höft, R., Strittholt, J., Miles, L., Horning, N., Fosnight, E., y Turner, W., eds.** 2007. *Sourcebook on remote sensing and biodiversity indicators*. Technical Series No. 32. Montreal, Canadá, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S. y Mosseler, A.** 2009. *Forest resilience, biodiversity, and climate change: a synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems*. Technical Series No. 43. Montreal, Canadá, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Kahmen, A., Klein, A.-M., Buchmann, N., Perner, J. y Tschardtke, T.** 2008. Resource heterogeneity moderates the biodiversity-function relationship in real world ecosystems. *PLoS Biology*, 6(5): e122. DOI: 10.1371/journal.pbio.0060122. ♦

Análisis de la degradación del bosque en Nepal

K.P. Acharya, R.B. Dangi y M. Acharya

Una rica experiencia en la realización de inventarios forestales desde tierra ha permitido constituir una sólida base para la formulación de múltiples métodos destinados a medir la degradación del bosque.

Los bosques son parte integrante del sistema agrícola nepalés



FAO/PIRST

K.P. Acharya es Director General del Departamento de Parques Nacionales y Conservación de la Flora y Fauna Silvestres, Katmandú.

R.B. Dangi es Jefe de la Célula REDD de Actividades Forestales y Cambio Climático del Ministerio de Bosques y Conservación del Suelo, Katmandú.

M. Acharya es Ambientalista Adjunto de la Secretaría de la Red para la aplicación de la normativa sobre flora y fauna silvestres de Asia meridional, Departamento de Parques Nacionales y Conservación de la Flora y Fauna Silvestres, Katmandú.

Los bosques suministran una amplia gama de servicios de naturaleza regulatoria, cultural y de apoyo al bienestar humano, conocidos colectivamente como servicios ecosistémicos. La sostenibilidad de los ecosistemas forestales exige que las medidas de ordenación sean aplicadas cuidadosamente, que el aprovechamiento del bosque se lleve a cabo eficazmente y que gracias a las intervenciones de protección se consiga evitar la deforestación y la degradación forestal. En un país montañoso como Nepal, los bosques desempeñan un papel importante en el resguardo de las cuencas hidrográficas, en la conservación del suelo y en el mantenimiento de la biodiversidad; los bosques contribuyen además a la sostenibilidad de los medios de vida en las zonas rurales y a la conservación ambiental. Es pues urgente difundir un entendimiento común acerca de los efectos de la degradación forestal entre

los usuarios del bosque, los gestores forestales, los encargados del diseño de las políticas y los políticos con la finalidad de que pueda elaborarse una política pública apropiada para abordar este fenómeno.

Con el objeto de avanzar en la comprensión de la degradación y hacer frente a sus efectos, se pasan en revista en el presente artículo las anteriores evaluaciones de recursos forestales realizadas en Nepal y las metodologías y conclusiones en materia de degradación. Se sostiene que las imágenes por satélite junto con las encuestas sobre el terreno podrían representar un enfoque idóneo para abordar la degradación forestal en el país. Se discuten las causas principales de la degradación y los métodos para detectarla; y se sugiere que para cuantificar la degradación se puede recurrir a un método de valoración participativa referido a un índice de servicios ecosistémicos.

FUNCIÓN DE LOS BOSQUES EN NEPAL

La degradación del bosque en los países en desarrollo sigue siendo un fenómeno generalizado, insuficientemente entendido y escasamente cuantificado (Niles *et al.*, 2001). Se ha argumentado que una de sus principales causas es que el precio de los recursos forestales resulta tremendamente barato, lo que hace que dichos recursos sean infravalorados por la sociedad (Richards, 1994). En los países en los que el sector primario —el aprovechamiento de las materias primas que provienen de la tierra— representa el pilar de la economía nacional, y en particular en los países donde los recursos son recursos naturales terrestres como los bosques, estos son una fuente esencial de los ingresos nacionales y de las materias primas que sirven para la subsistencia en el medio rural.

En Nepal, la función de los bosques es especialmente evidente en comunidades rurales que dependen de los bosques para la obtención de activos como la energía, el empleo, los suplementos alimenticios, el agua potable sana y la buena salud —que son los elementos que conservan y mejoran los medios de vida. En esas comunidades los bosques forman también parte integrante del sistema agrícola. Por ejemplo, se ha calculado que para mantener una hectárea de arrozal en las zonas altas de Nepal se requieren hasta 50 ha de tierras forestales y de pastoreo (FAO, 1980), mientras que en el distrito de Middle Hills se necesitan tan sólo 3,5 ha (Wyatt-Smith, 1982).

Según datos del Inventario forestal nacional, se estima que los bosques y arbustos cubren en conjunto el 39,6 por ciento de la superficie del país; que la tasa de deforestación anual media es del 1,7 por ciento (DFRS, 1999; 2008), y que la degradación del bosque representa una grave amenaza para los medios de vida. Para formular y aplicar una política forestal pública apropiada es fundamental que las partes interesadas lleguen a un entendimiento común del significado de la degradación forestal.

HISTORIA DE LA EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES

Evaluaciones pasadas

En las evaluaciones realizadas durante los últimos 50 años la degradación del

bosque se ha descrito como la capacidad reducida del bosque de producir madera —reducción del volumen de la madera—, la reducción de cubierta arbórea, la reducción de la densidad arbórea y la reducción de la capacidad regenerativa del bosque. Las evaluaciones se han centrado en investigar la relación entre cubierta arbórea y volumen de madera comercial. Este enfoque no daba cuenta ni de la degradación en curso en los bosques de copa densa ni de la degradación del piso inferior. Tampoco se tomaban en consideración las distintas ventajas y desventajas relacionadas con los servicios ecosistémicos.

Con el fin de proporcionar una perspectiva común de los resultados de los estudios realizados durante aquel período se ofrece en esta sección una breve descripción de cada una de las principales evaluaciones de los bosques llevadas a cabo en Nepal. En las siguientes secciones y en los cuadros que las acompañan, los datos recogidos se analizan de acuerdo con los elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible y con la metodología utilizada para la recolección de los datos, la cubierta vegetal y la degradación del bosque, que se considera una función del incremento de la superficie de las tierras arbustivas. La sección concluye con un cuadro comparativo de los métodos que sirvieron para realizar las evaluaciones.

Encuesta sobre los recursos forestales, 1963/64

La Oficina de Estudios de Recursos Forestales realizó un primer inventario forestal entre los años 1963 y 1967. La evaluación se basó en fotografías aéreas captadas entre 1953 y 1958 y entre 1963 y 1964, en la interpretación visual de estas imágenes, y en el levantamiento de mapas e inventarios de campo. Las categorías de tierras estudiadas comprendían las tierras forestales, las de cultivo, las de pastizal, las urbanas, las que encierran recursos hídricos y las muy erosionadas y yermas. Los terrenos forestales se subdividieron en bosques comerciales y no comerciales (HMG, 1968; 1969; 1973). El inventario consistió en evaluar la extensión, por hectárea, de las superficies forestales y existencias en formación hasta los 10 cm de diámetro del extremo superior.

Proyecto de cartografía de recursos de tierras, 1978/79

Para la realización del Proyecto de cartografía de recursos de tierras se dispuso de financiación brindada por el Gobierno del Canadá. El objetivo del proyecto era elaborar mapas fidedignos del uso de las tierras forestales por tipo, composición, estructura y estado de degradación. El proyecto abarcó los años 1977 a 1984 (LRMP, 1986a; 1986b). Para la evaluación de los recursos forestales se recurrió a fotografías aéreas (1977-79) en combinación con comprobaciones en tierra, agrimensuras y mapas topográficos exhaustivos.

Plan maestro del sector forestal, 1968

El Plan maestro del sector forestal fue obra del Ministerio de Bosques y Conservación del Suelo. Los datos utilizados se basaron en la información contenida en el Proyecto de cartografía de recursos de tierras y en datos procedentes del inventario forestal del Departamento de Investigaciones y Estudios Forestales (MPFSP, 1989a; 1989b). El objetivo del Plan maestro era actualizar la información sobre los cambios registrados en los recursos forestales a lo largo del período en que se llevó a cabo el Proyecto de cartografía de recursos de tierras.

Inventario forestal nacional, 1994

El Inventario forestal nacional fue iniciado a comienzos del decenio de 1990 y completado en 1998, tomándose 1994 como año base (DFRS, 1999). El programa de inventariación fue llevado a cabo con el apoyo del Gobierno de Finlandia, y consistió en el análisis de imágenes satelitales provenientes de Landsat

Bosque infestado con la maleza *Mikania micrantha* en Nepal central. La salud y vitalidad de los bosques y la biodiversidad no suelen ser el propósito principal de las evaluaciones de los recursos forestales



CUADRO 1. Evaluaciones forestales nacionales en Nepal y sus vínculos con la ordenación forestal sostenible

Estudio	Elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible
Encuesta sobre los recursos forestales	1, 5
Proyecto de cartografía de recursos de tierras	1, 5
Plan maestro del sector forestal	1, 5, 7
Inventario forestal nacional	1, 5
Análisis del cambio de la cubierta forestal en los distritos de Terai	1
Valoración económica de los bienes y servicios ecológicos	2, 4, 5, 6, 7
Contribución del sector forestal al producto interno bruto en Nepal	2, 4, 5, 6, 7

Nota: Los elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible son los siguientes:

1. Magnitud de los recursos forestales; 2. Contribución al ciclo del carbono, a los bosques y al cambio climático; 3. Salud y vitalidad de los bosques; 4. Diversidad biológica; 5. Funciones productivas de los bosques; 6. Funciones protectoras de los bosques; 7. Funciones socioeconómicas de los bosques (FAO, 2011).

(un programa satelital de observación terrestre administrado en la actualidad conjuntamente por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA] de los Estados Unidos de América y el Servicio Geológico de Estados Unidos [USGS]), en fotografías aéreas y en mediciones de campo.

Análisis del cambio de la cubierta forestal en los distritos de Terai, 1990/91-2000/01

Los distritos de Terai se encuentran cerca o en las zonas limítrofes de los montes Siwalik, en las estribaciones exteriores bajas del Himalaya. Este estudio, realizado por encargo del Departamento de Bosques, estimó la extensión de la cubierta forestal y la tasa anual de cambio en 20 distritos de Terai. Los cambios en la cubierta forestal fueron estimados por análisis de imágenes satelitales y comprobaciones en tierra (Departamento de Bosques, 2005).

Valoración económica de los bienes y servicios ecológicos, 2005

Este estudio, encargado por el Ministerio de Bosques y Conservación del Suelo, tenía por finalidad estimar el valor de los bienes y servicios ecosistémicos forestales de diferentes zonas ecológicas y regímenes de ordenación (MoFSC, 2005).

Contribución del sector forestal al producto interno bruto en Nepal, 2008

Este estudio buscaba determinar la contribución efectiva del sector forestal al producto interno bruto (PIB). Para calcularla se tomaron en consideración tanto los valores de uso como los valores pasivos. Los valores de uso incluían

bienes consuntivos tales como la madera, la leña, los materiales a base de pastos y piensos y los cojines vegetales, los productos forestales no madereros, la arena y las rocas. Los valores pasivos comprendían las actividades de esparcimiento, el ecoturismo, la conservación del suelo y la absorción de carbono (DFRS, 2008).

Vínculos con los elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible

La FAO (2011) define los siguientes elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible: magnitud de los recursos forestales; contribución de los bosques al ciclo del carbono; los bosques y el cambio climático; sanidad y vitalidad de los bosques; diversidad biológica; funciones productivas de los recursos forestales; funciones protectoras de los bosques, y funciones socioeconómicas de los bosques.

En el Cuadro 1 se describen los elementos temáticos de la ordenación forestal sostenible que han sido abarcados en cada una de las evaluaciones realizadas hasta ahora. De acuerdo con las normas del marco formulado por la FAO, en las evaluaciones pueden no tenerse en cuenta la totalidad de los elementos enumerados. Las evaluaciones se centran en la extensión de la superficie forestal y en el volumen de la madera

CUADRO 2. Metodología utilizada para el examen de los estudios de evaluación forestal

Estudio	Criterios para la determinación de la degradación	Métodos
Encuesta sobre los recursos forestales	<ul style="list-style-type: none"> Clase de la masa (<10 por ciento del dosel arbóreo es área no forestal) y clase de densidad Arbustos y malezas Bosque invadido 	<ul style="list-style-type: none"> Estimación de la media Interpretación visual de las fotografías aéreas Fotografías aéreas a escala de 1:12 000 a 1:60 000 Conteo de puntos Rectificación y ajuste del área Inventarios sobre el terreno en bosques comerciales
Proyecto de cartografía de recursos de tierras	<ul style="list-style-type: none"> Densidad de la masa Erosión de la superficie del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Interpretación visual de las fotografías aéreas (en blanco y negro, a escala de 1:20 000 a 1:50 000) Comprobación en tierra con helicóptero Agrimensura Mapas topográficos
Plan maestro del sector forestal	<ul style="list-style-type: none"> Cubierta de dosel Regeneración 	<ul style="list-style-type: none"> Estudio teórico Interpretación visual de las fotografías aéreas y comprobación en tierra
Inventario forestal nacional	<ul style="list-style-type: none"> Dosel arbóreo y densidad de la masa 	<ul style="list-style-type: none"> Imágenes satelitales, sistema de información geográfica (SIG), mapas topográficos, datos de los lindes en formato de vectores Inventarios sobre el terreno Interpretación visual de las fotografías aéreas a escala de 1:50 000
Análisis del cambio de la cubierta forestal en los distritos de Terai	<ul style="list-style-type: none"> Dosel arbóreo 	<ul style="list-style-type: none"> SIG, análisis de imágenes satelitales y comprobación en tierra
Valoración económica de los bienes y servicios ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> Dosel arbóreo Valor de uso de los servicios ecosistémicos 	<ul style="list-style-type: none"> Inventario forestal Cuestionarios Precio de mercado/substitutivos Transferencia de beneficios Existencias netas totales
Contribución del sector forestal al producto interno bruto en Nepal	<ul style="list-style-type: none"> Dosel arbóreo 	<ul style="list-style-type: none"> Inventario forestal sobre el terreno Cuestionarios Precio de mercado Precio de mercado de los substitutivos Transferencia de beneficios Existencias netas totales

en pie. En ninguno de los informes de evaluación se incorporan las existencias de carbono, la biodiversidad, la sanidad y vitalidad de los bosques y las funciones protectoras de los bosques.

Metodología

La opinión generalizada es que medir la degradación del bosque es una tarea más complicada y dificultosa que medir la deforestación (Panta, Kyehyun y Joshi, 2008; Lambin, 1999; Souza *et al.*, 2003). En el Cuadro 2 se resumen los criterios y métodos usados en cada uno de los estudios para definir y evaluar la degradación.

El nivel de densidad de la copa es el principal criterio utilizado en las evaluaciones. Por consiguiente, parece que en estas últimas se acepta que por degradación del bosque se ha de entender la reducción del volumen de la madera, o quizá los cambios en las especies o en el tamaño y la estructura o en la capacidad del bosque de producir madera.

La densidad (troncos por hectárea) se vincula con la productividad del bosque o con el crecimiento y el potencial de rendimiento. Como variables sustitutivas se utilizan la cubierta forestal, el número de árboles maduros, el número de árboles preferidos, la densidad, el número de tocones, las existencias en formación, la capacidad regenerativa, la madurez del rodal, la poda, la composición de las especies, el pastoreo y la erosión superficial. El nivel de cubierta arbórea según el cual el terreno se designa como «zona forestal» es del 10 por ciento. En los estudios hay poca claridad en cuanto a la definición de conceptos como superficie forestal y superficie arbustiva; superficie arbustiva y zona con maleza, y bosque y bosque degradado.

Resultados: arbustos, malezas y degradación

La extensión de las tierras que entran en la categoría de superficie forestal y superficie arbustiva, respectivamente, se muestra en el Cuadro 3. En la Encuesta sobre los recursos forestales la diferenciación cualitativa de los terrenos forestales se basa en el tamaño del rodal, las clases de densidad, el cierre de copas y los volúmenes comercializables.

No existe una definición nacional clara de la degradación del bosque, y en las evaluaciones forestales nacionales

CUADRO 3. Extensión de la cubierta forestal y arbustiva en Nepal

Estudio	Tierras forestales	Tierras forestales	Tierras arbustivas	Tierras arbustivas	Total de las tierras forestales y arbustivas	Total de las tierras forestales y arbustivas
	Miles de ha	%	Miles de ha	%	Miles de ha	%
Encuesta sobre los recursos forestales	6 402	45,5	–	–	6 402	45,5
Proyecto de cartografía de recursos de tierras	5 616	38,1	689	4,7	6 285	42,8
Plan maestro del sector forestal	5 424	37,4	706	4,8	6 210	42,2
Inventario forestal nacional	4 268	29	1 560	10,6	5 828	39,6

CUADRO 4. Estimación del ritmo de la degradación forestal según el aumento de las tierras arbustivas

Estudio	Tierras arbustivas	Tierras arbustivas	Degradación del bosque (1978/79 a 1994) % por año
	Miles de ha	%	
Proyecto de cartografía de recursos de tierras	689	4,7	5,57
Inventario forestal nacional	1 560	10,6	

este concepto tampoco es enunciado de manera precisa. Más bien, la degradación es caracterizada por aspectos como la disminución del número de árboles, el número de árboles que han sido podados, las especies no deseadas, la alta presión de pastoreo, las especies inaceptables y las especies de matojos. El bosque invadido se considera en el estudio un tipo de bosque degradado.

Según los distintos estudios, la superficie forestal total no ha variado mucho (Cuadro 3), aunque en ellos existe constancia de que la cubierta forestal ha sufrido degradación (Cuadro 4). Partiendo de la definición de tierra arbustiva del Departamento de Investigaciones y Estudios Forestales (DFRS, 1999) y de los datos de los estudios (Cuadros 3 y 4), se puede suponer que las tierras arbustivas son tierras forestales de las cuales los troncos han sido eliminados pero que han mantenido su cubierta vegetal leñosa. Por consiguiente, la tierra arbustiva puede ser vista como el resultado de la degradación del bosque o como un tipo de bosque degradado.

Comparando el estudio del Inventario forestal nacional con el Proyecto de cartografía de recursos de tierras, se comprueba que la zona clasificada como arbustiva aumentó en el 126 por ciento

entre 1978/79 y 1994 a un ritmo anual del 5,57 por ciento (Cuadro 4). No ha habido variaciones importantes en la superficie total de las tierras forestales y arbustivas. Sin embargo, en la estimación de la degradación no se incluye la degradación que sigue afectando a la categoría de las zonas de «bosque», es decir por encima de una cubierta forestal del 10 por ciento.

La definición de bosque degradado del Departamento de Bosques (2005) incluye las tierras arbustivas. No obstante, no resulta fácil comparar otros elementos de los inventarios porque las definiciones y su alcance son demasiado variados.

Métodos para la evaluación de la degradación

Los diferentes métodos de evaluación utilizados en los estudios se pueden agrupar en las siguientes categorías: fotografía aérea, encuestas sobre el terreno, imágenes por satélite y valoración de servicios ecosistémicos. En el Cuadro 5 se comparan las fortalezas y debilidades de estos métodos. El presente análisis permite llegar a la conclusión de que la exactitud de las evaluaciones es mayor cuando los métodos se combinan, y en particular cuando los datos de telepercepción son corroborados mediante la información terrestre.

DISCUSIÓN

Definición

Para el período 1978/79 a 1994, el ritmo promedio de conversión de los terrenos forestales en zonas arbustivas (5,57 por ciento por año) fue notablemente más rápido que el de la deforestación (1,7 por ciento por año). Estas estadísticas parecieran indicar que la degradación forestal sería el problema más importante y que sería necesario tomarlo en consideración al llevar a cabo iniciativas encaminadas a reducir las emisiones de carbono o a potenciar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas forestales.

Sin embargo no existe una definición mundialmente aceptada de degradación del bosque. En la literatura forestal tradicional se supone que los bosques en curso de degradación se caracterizan por la pérdida de la cubierta de dosel, la contracción de la población de especies arbóreas, la merma del potencial reproductivo, la escasa fuerza regenerativa y la pérdida de la capacidad de producir diversos productos forestales de consumo. En la literatura más reciente se añade la pérdida del potencial de fijación de carbono, de conservación de la biodiversidad, de captación y almacenamiento de agua, de provisión de servicios de esparcimiento,

etc. Estos atributos medioambientales también han sido considerados indicadores importantes de la degradación.

La carencia de una definición uniforme impide también la diferenciación entre tierra arbustiva y tierra forestal. En el Inventario forestal nacional las tierras arbustivas se describen como una zona forestal privada de troncos claramente definibles, mientras que en la evaluación del Departamento Forestal se consideran bosque degradado los terrenos con árboles dispersos o las tierras forestales con menos de 10 por ciento de cubierta de dosel —incluidas las tierras arbustivas—. Ninguna de estas evaluaciones ofrece una

CUADRO 5. Pertinencia de diferentes metodologías de evaluación de la degradación del bosque en Nepal^a

Metodología	Ventajas	Inconvenientes	Nivel de precisión	Costos	Consecuencias para Nepal
Fotografía aérea	<ul style="list-style-type: none"> Fácilmente entendida por la comunidad local Los efectos de la degradación forestal, como la modificación del dosel arbóreo, los cultivos migratorios y la fragmentación del bosque, son fáciles de demostrar Larga experiencia en el uso de esta técnica La infraestructura necesaria ya existe Requiere pocos insumos en materia de tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Difícil de aplicar en zonas de montaña Costos elevados Requiere tiempos de aplicación prolongados Casi en desuso; ha sido reemplazada con nuevas tecnologías No se dispone de fotografías aéreas recientes Algunos elementos de la degradación como el pastoreo, los daños ocasionados por el fuego, los productos forestales no madereros y los daños al piso inferior no son completamente detectables 	Alto	Altos	No existen fotografías aéreas recientes; técnica escasamente útil
Encuestas sobre el terreno	<ul style="list-style-type: none"> Los datos para realizar comparaciones existen Técnica más precisa Técnica ampliamente entendida Barata en cuanto a mano de obra Considerable experiencia en el uso de esta técnica Tecnología sencilla Captura todos los tipos de servicios ecosistémicos Las encuestas pueden ser llevadas a cabo a escala local a nacional Se dispone de estudios de caso y de datos de investigaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere más recursos Lleva mucho tiempo Difícil de aplicar en terrenos montañosos No se dispone de datos recientes 	Alto (el error tipo variaba entre 2,61 y 6,66 por ciento para los 4 volúmenes más elevados)	Medianos	Considerable experiencia en el uso de esta técnica; la mano de obra es barata; la comunidad está dispuesta a participar —una opción ventajosa
Análisis de imágenes satelitales y SIG	<ul style="list-style-type: none"> Universalmente uniformes Tecnología en rápido progreso Imágenes de alta resolución fácilmente interpretables Las imágenes de alta resolución pueden ser utilizadas como mapa para demostraciones Requiere un inventario forestal poco detallado 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere capacidades técnicas e infraestructuras En las zonas colinosas la nitidez de las imágenes es perturbada por la presencia de nubes, sombras y pendientes Existen pocas parcelas testigo para las comprobaciones terrestres Se dispone de imágenes que muestran las variaciones estacionales Existen pocos datos para reemplazar los inventarios terrestres Es difícil evaluar el piso inferior, incluidos los productos forestales no madereros 	Mediana a alta (67 a 98 por ciento para distinguir entre las distintas clases de densidad)	Bajos o medianos (de gratuito a moderadamente caro: Landsat a IKONOS)	Puede aplicarse en terrenos difíciles; requiere el desarrollo de capacidades; en combinación con encuestas sobre el terreno es una de las mejores opciones
Valoración de los servicios del ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> Da cuenta del valor general del ecosistema forestal 	<ul style="list-style-type: none"> Técnicamente exigente Requiere disciplina en asuntos distintos de los forestales 	Mediana a alta	Bajos o medianos	Participación de la comunidad, valoración genuina de los servicios forestales

^a Elaboración basada en fotografías a escala de 1:12 000 a 1:60 000 y en imágenes Landsat TM.

definición clara, sencilla y coherente de bosque degradado y de tierra arbustiva.

El ámbito en el que se llevan a cabo los estudios agrega aún mayor variabilidad a la definición de degradación. Lo que se entiende por degradación en un contexto no corresponde necesariamente al significado de este concepto en otro. La escala y alcance de las mediciones de la degradación pueden variar según los cambios en los objetivos de la ordenación y los resultados que se espera obtener mediante los bosques.

Factores que impulsan la degradación

Aunque no se ha alcanzado un consenso acerca de lo que es la degradación, es necesario que las políticas intenten hacer frente a la degradación y se orienten en particular a combatir sus causas. Los instrumentos regulatorios y de mercado son generalmente bastante eficaces para abordarlas, siempre y cuando se disponga de políticas, instituciones y marcos jurídicos apropiados. Sin embargo, la influencia que puede ejercer la política es limitada. Por ejemplo, las causas de la degradación se pueden dividir sin demasiado rigor en las categorías de causas antropogénicas y causas naturales, aunque entre ellas no exista una clara demarcación. Ahora bien, las causas naturales podrían considerarse exógenas e incontrolables, y los instrumentos de política no servirían para controlarlas.

Las fuentes de la degradación se conocen comúnmente como «factores que impulsan la degradación». Los factores que se asocian habitualmente a las causas

antropogénicas pueden ser vistos como factores directos o indirectos. Los factores directos podrían incluir la extracción excesiva, los incendios intencionados, el pastoreo libre, la explotación selectiva de especies arbóreas de elevada calidad comercial, la explotación maderera ilegal, la invasión del bosque, los cultivos migratorios, la fragmentación del bosque, y otros más. Los factores indirectos podrían comprender la ineficacia del mercado, el desarrollo no planificado, el fracaso de las políticas, la debilidad de los derechos de tenencia y los vacíos de capacidad.

La vulnerabilidad de un bosque a dichos factores depende tanto de la intensidad y magnitud de cada uno de ellos como del nivel de su interacción con otros factores. No todos los factores pueden ser tenidos en cuenta en los métodos para detectar la degradación. La comprensión de los factores directos e indirectos de la degradación ayuda a estimar el alcance de la misma. Lo esencial es disponer de un procedimiento de medición idóneo (Cuadro 6). Aunque los factores de la degradación del bosque son complejos, los factores de degradación directos a menudo se pueden descubrir mediante la observación o el análisis de imágenes. Los indirectos son más difíciles de entender, y, por lo tanto, de someter a mediciones discretas.

En Nepal, y en particular en los llanos de Terai, la intrusión humana del bosque y la invasión del bosque por especies exóticas han surgido como factores importantes de la degradación.

Los asentamientos humanos ilegales impulsan la degradación y pueden conducir a la conversión permanente de las tierras forestales en tierras destinadas usos no forestales. La invasión y colonización del bosque por especies exóticas puede ocasionar una reducción paulatina del potencial de restauración ya que las infestaciones terminan afectando al bosque en su totalidad. Otro factor importante que impulsa la degradación es el fuego. Además, los bosques situados a elevadas altitudes sufren degradación por las actividades ganaderas; y en ellos, la densidad ganadera unitaria llega a equivaler a hasta nueve veces la capacidad de carga forestal (MoEST, 2008; MoFSC, 2002).

Indicadores

Las evaluaciones anteriores basadas en mapas espaciales y temporales de la situación del bosque indican que la degradación está ocasionando cambios en la estructura, funcionalidad y otras características del bosque. Sharma y Suoheimo (1995) comprobaron que alrededor del 45 por ciento de los árboles en los distritos de Makawanpur y Rautahat están dañados por la podredumbre. Acharya (2000) observó que la degradación de las existencias se debía a la explotación reiterada, y que esta daba origen a un cambio del tipo de bosque. El autor ilustra la transformación de un bosque de tipo Sal (>60 por ciento del área basal) en bosque de latifoliadas Sal Terai, y por último en bosque de latifoliadas Terai (área basal Sal (<20 por ciento).

CUADRO 6. Causas antropogénicas de la degradación del bosque y la posibilidad de detectarlas

Causas de la degradación	Nivel de importancia	Elemento clave de la degradación	Detectabilidad (1 = baja; 3 = alta)		
			Encuestas sobre el terreno	Fotografías aéreas	Imágenes
Sobreexplotación de productos de la madera	Alto	Dosel arbóreo, biomasa, piso inferior	3	2	1
Sobreexplotación de productos no madereros	Alto	Biomasa verde, densidad del dosel, diversidad de especies, piso inferior	3	1	1
Invasión del bosque (asentamientos u ocupación ilegales)	Alto	Dosel arbóreo, hábitat, biomasa, piso inferior	3	2	2
Sobrepastoreo	Alto	Suelo superficial, regeneración natural, hábitat	3	1	1
Desarrollo no planificado: caminos, energía hidroeléctrica, etc.	Alto	Dosel arbóreo, hábitat, especies comerciales, biomasa, fragmentación	3	3	3
Incendios forestales	Mediano	Piso inferior, biomasa, suelo, biodiversidad	2	1	2
Invasión y colonización por especies exóticas	Mediano	Biomasa, piso inferior, hábitat, biodiversidad	3	1	1
Plagas y enfermedades	Bajo	Biomasa	3	1	1

CUADRO 7. Métodos de encuesta y de medición para variables seleccionadas

Principales parámetros observados	Indicadores de la degradación	Fuente de los datos	Técnicas de detección o de medición
Atributos biológicos			
Dosel arbóreo	En disminución	IFN/PDSF/POBC	Análisis de imágenes/inventario sobre el terreno para la validación de los datos
Nivel de las existencias en formación	En disminución	IFN/PDSF/POBC	Análisis de imágenes/inventario sobre el terreno para la validación de los datos
Estructura del bosque	Regeneración escasa y carencia de rodales jóvenes	IFN/PDSF/POBC/DGE	Análisis de imágenes/inventario sobre el terreno para la validación de los datos
Composición de las especies	Abundancia de especies arbóreas de rango inferior	IFN/PDSF/POBC/DGE	Inventario forestal; observación sobre el terreno
Invasión y especies exóticas	Invasión por especies exóticas	POBC/DGE	Observación sobre el terreno
Atributos ambientales			
Conservación de cuencas hidrográficas	Erosión superficial en aumento	IFN/PDSF/POBC	Observación participativa
Absorción de carbono	Aumento de los incendios forestales y disminución de las existencias de carbono	FRA/PDSF/POBC	Inventario del carbono forestal
Biodiversidad	Merma de la abundancia de especies	FRA/PDSF/POBC	Inventario sobre el terreno
Captación y almacenamiento de aguas	Aguas contaminadas	DGE	Observación participativa; encuesta sobre el terreno
Capacidad de resiliencia	Escasa restauración forestal	DGE	Observación participativa
Conservación de la vida silvestre	Hábitat perturbado	DGE/observación	Observación participativa; encuesta sobre el terreno

Nota: IFN = Inventario forestal nacional; PDSF = Plan de distrito para el sector forestal (un enfoque integrado de la ordenación de los recursos forestales a nivel de distrito); POBC = Plan operacional para los bosques comunitarios (un plan de ordenación para los bosques comunitarios de duración determinada); DGE = debate en grupo especializado; FRA = Evaluación de los recursos forestales mundiales.

Para detectar la degradación se recurre a menudo a la cubierta de dosel como indicador sustitutivo, pero esto puede no ser suficiente para determinarla. La reducción del dosel se traducirá en una merma de la capacidad de absorción de carbono; en cambio, la capacidad de conservación de las cuencas hidrográficas y la biodiversidad pueden verse reforzadas. El piso inferior puede mantenerse inalterado. Sin embargo, la pérdida de vegetación del suelo o del piso inferior, que puede no ser detectada, también podría constituir un elemento de degradación puesto que afecta a la resiliencia del ecosistema (Cuadro 6). En consecuencia, las evaluaciones que se basan solo en el dosel arbóreo no son suficientes para detectar los factores que impulsan la degradación. Las evaluaciones mediante encuestas sobre el terreno,

en combinación con los datos de telepercepción, son las que producen una información técnicamente más sólida que retrata mejor los elementos clave de la degradación y sus consecuencias.

Valoración

El entendimiento de la degradación del bosque puede fundarse en indicios como la reducción de la capacidad del bosque de producir la totalidad de los servicios ecosistémicos; y por lo tanto una metodología completa para dar cuenta de este fenómeno debería incluir la comprensión y la valoración de la degradación sobre la base de la provisión de los mencionados servicios. Para medir la degradación de manera eficaz se debería recurrir a imágenes satelitales en combinación con encuestas sobre el terreno. Con el objeto de valorar los servicios ecosistémicos

y por ende también la degradación, se recomienda adoptar un método participativo, que consiste en capturar los factores de la degradación mediante una valoración exhaustiva de los servicios ecosistémicos (Cuadro 7).

El enfoque participativo se basa en un índice de los servicios ecosistémicos (ISE) forestales. El ISE es un valor de síntesis de los servicios ecosistémicos del bosque que mide el rendimiento promedio de los valores de uso de este. El ISE se define de acuerdo con la Evaluación de ecosistemas del Milenio (2005). El alcance de la degradación o de la mejora de la situación del bosque se estima por seguimiento y comparación con un índice base.

El buen uso del enfoque participativo requiere disponer de un conjunto de series ordenadas y de procedimientos de adquisición de información y de valores por defecto que permiten a los expertos interpretar los resultados obtenidos. Aplicado correctamente, este protocolo puede ser manejado sin dificultad por los servicios de la comunidad. Así, las personas de la localidad pueden tener una participación activa en el proceso de detección y de medición de la degradación.

CONCLUSIONES

En Nepal, la degradación forestal ha tenido consecuencias perjudiciales múltiples y superpuestas, de naturaleza ecológica, medioambiental y social. Entre las repercusiones ecológicas cabe mencionar la reducción del dosel arbóreo, la disminución de la calidad, estructura y composición del bosque, la merma de la capacidad productiva del bosque, el aumento de la presencia de especies invasivas y la pérdida de biodiversidad. En el medio ambiente los efectos han sido la erosión de los suelos, la fragmentación de los hábitats y el desplazamiento de la vida silvestre a causa de la aparición de obstáculos. Estos factores combinados han tenido efectos nocivos en la sociedad y en los medios de vida, conforme ha ido aumentando el número de catástrofes naturales y declinando la producción de los productos y servicios forestales.

Nepal ha acumulado una considerable experiencia en materia de inventarios forestales sobre el terreno, y los inventarios realizados en los últimos 50 años han hecho posible establecer una abundante

base de datos forestales. Los métodos usados han sido la fotografía aérea, los inventarios de campo y el análisis de imágenes de satélite. La posibilidad de elaborar mayormente la metodología para la evaluación de la degradación dependerá principalmente de la formulación de una definición consensuada del concepto de degradación que incluya toda la gama de condiciones biofísicas y socioeconómicas y, en particular, los servicios ecosistémicos. En Nepal se necesita en particular distinguir claramente entre zonas arbustivas y bosques degradados, y diseñar los métodos que permitan evaluar las primeras. Además, es necesario disponer de una metodología sólida para abarcar todo el espectro de factores que impulsan la degradación forestal.

Las metodologías actualmente en uso pueden ser mejoradas de dos formas. En primer lugar, las mediciones deben hacerse por medio de imágenes satelitales, que es preciso respaldar con inventarios en el terreno ya que así se combinan las fortalezas de ambos métodos. En segundo lugar, se debe adoptar un enfoque de valoración participativa de los servicios ecosistémicos para recabar información sobre el alcance de la degradación del bosque o de su mejora.

En Nepal se advierte la necesidad de desarrollar las capacidades para la gestión de los datos en el plano nacional y local, y de realizar estudios piloto para ensayar las metodologías y reunir información sobre la degradación forestal. Para entender más cabalmente el fenómeno de la degradación es fundamental adquirir un compromiso político y elaborar una estrategia nacional que promueva el conocimiento de los factores que determinan la degradación y facilite la adopción de métodos para detectarla; pero también se necesita disponer de los recursos que permitan alcanzar estos objetivos. Solo entonces se podrá implantar un sistema eficaz de seguimiento de la degradación forestal. ♦



Bibliografía

Acharya, K.P. 2000. Unfavourable structure of forest in the Terai of Nepal needs

immediate management. *Banko Janakari*, 10(2): 25–28.

DFRS (Departamento de Investigaciones y Estudios Forestales). 1999. *Forest resources of Nepal (1987–1998)*. Publication No. 74. Katmandú, Department of Forest Research and Survey, Ministry of Forests and Soil Conservation & Forest Resource Information System Project, Government of Finland.

DFRS. 2008. *Contribution of forestry sector to gross domestic product in Nepal*. Katmandú, Department of Forest Research and Survey, Ministry of Forests and Soil Conservation, His Majesty's Government of Nepal.

Department of Forests (Departamento de Bosques). 2005. *Forest cover change analysis of the Terai districts (1990/91–2000/01)*. Katmandú, Ministry of Forests and Soil Conservation, Department of Forests, His Majesty's Government of Nepal.

Evaluación de ecosistemas del Milenio. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC, Island Press.

FAO. 1980. *Agronomy research in the Hill Areas of Nepal*. Hill Agricultural Development Project. Informe final, por P.T.S. Whiteman. Katmandú.

FAO. 2011. *¿Qué es la ordenación forestal sostenible?* Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/sfm/24447/es/>

His Majesty's Government of Nepal (HMG). 1968. *Forest statistics for the Terai and adjoining regions, 1967*. Forest Resources Survey. Katmandú, Forest Resources Survey Office.

HMG. 1969. *Timber resources and development opportunities in the Lower Bheri and Karnali watersheds*. Forest Resources Survey No. 6. Katmandú, Forest Resources Survey Office.

HMG. 1973. *Forest statistics for the Hill Region, 1973*. Forest Resources Survey. Katmandú, Forest Resources Survey Office.

Lambin, E.F. 1999. Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. *Global Ecology and Biogeography*, 8(3–4): 191–198. DOI: 10.1046/j.1365-2699.1999.00123.x.

LRMP (Proyecto de cartografía de recursos de tierras). 1986a. *Land Utilisation Report*. Katmandú, HMG, Survey Department & Kenting Earth Sciences Limited.

LRMP. 1986b. *Summary Report*. Katmandú, HMG, Survey Department & Kenting Earth Sciences Limited.

MoEST (Ministerio de Medio Ambiente, Ciencia y Tecnología). 2008. *State of the Environment (Agriculture, Forest and Biodiversity)*. Katmandú, Ministry of Environment, Science and Technology.

MoFSC (Ministerio de Bosques y Conservación del Suelo). 2002. *Nepal Biodiversity Strategy*. Katmandú, Ministry of Forests and Soil Conservation.

MoFSC. 2005. *Economic valuation of ecological goods and services*. Katmandú, Ministry of Forests and Soil Conservation.

MPFSP (Plan maestro del sector forestal). 1989a. *Master Plan for Forestry Sector: Main Report*. Katmandú, Ministry of Forests and Soil Conservation.

MPFSP. 1989b. *Master Plan for Forestry Sector: Forestry Resource Information and Planning Report*. Katmandú, Ministry of Forests and Soil Conservation.

Niles, J.O., Brown, S., Pretty, J., Ball, A. y Fay, J. 2001. *Potential carbon mitigation and income in developing countries from changes in use and management of agricultural and forest lands*. Centre for Environment and Society Occasional Paper 2001-04. Essex, Reino Unido, Universidad de Essex.

Panta, M., Kyehyun, K. y Joshi, C. 2008. Temporal mapping of deforestation and forest degradation in Nepal: applications to forest conservation. *Forest Ecology and Management*, 256: 1587–1595. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.07.023.

Richards, M. 1994. Towards valuation of forest conservation benefits in developing countries. *Environmental Conservation*, 21(4): 308–319. DOI: 10.1017/S0376892900033610.

Sharma, S. y Suoheimo, J. 1995. *Observation on rot in Sal forests in the Terai*. Forest Management and Utilization Development Project Working Paper No. 20. Katmandú, Ministry of Forests and Soil Conservation & Finnish International Development Agency.

Souza, C. Jr., Firestone, L., Silva, L.M. y Roberts, D. 2003. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 494–506. DOI: 10.1016/j.rse.2002.08.002.

Wyatt-Smith, J. 1982. *The agricultural system in the hills of Nepal: the ratio of agricultural to forest land and the problem of animal fodder*. Agricultural Project Services Centre Occasional Paper 1. Katmandú, Agricultural Project Services Centre. ♦

El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque

C.L. Meneses-Tovar

Aplicación de un método de interpretación de las imágenes de teledetección a la observación de los cambios en la salud del bosque en el tiempo.

La degradación del bosque es un problema especialmente grave en los países en desarrollo. En el año 2000, la superficie total de los bosques degradados en 77 países se estimó en 800 millones de hectáreas; y en 500 millones de hectáreas de esos bosques se pudo constatar que la vegetación primaria se había transformado en vegetación secundaria (OIMT, 2002). Entre otras de sus repercusiones adversas, la degradación representa una proporción importante de las emisiones de gases de efecto invernadero. Es pues urgente medir y analizar este fenómeno con el objeto de diseñar medidas que permitan contrarrestarlo.

En el presente artículo se describe la forma en que fue llevado a la práctica un método de análisis de los datos de teledetección, el cual, en conjunción con

los datos que se recogieron en el terreno, permitió hacer el seguimiento de la degradación. Se presenta un estudio que desvela la relación entre los indicadores de las funciones del bosque y el índice normalizado diferencial de la vegetación (NDVI, por su sigla en inglés). Este índice arroja valores estimados del «verdor» del bosque que resultan del análisis de datos obtenidos mediante satélite. Se parte de la premisa de que el NDVI representa un indicador de la salud vegetal porque la degradación de la vegetación del ecosistema, es decir la megua de su verdor, quedaría reflejada en el valor, más reducido, del NDVI. Por consiguiente, determinando la relación entre la magnitud de un indicador de varios ecosistemas forestales —la biomasa aérea—

Carmen Lourdes Meneses-Tovar
es Subgerente de teledetección de la
Comisión Nacional Forestal de México.

Vegetación natural, México



y el NDVI es posible hacer el seguimiento de los procesos de degradación.

MEDICIÓN DE LOS CAMBIOS

Teledetección y fenología

Una de las aplicaciones más importantes de la teledetección es el seguimiento de los procesos que ocurren en la Tierra.

Las imágenes de teledetección pueden utilizarse para el análisis de procesos breves, por ejemplo para el seguimiento del ciclo de crecimiento de los cultivos y la evaluación de los rendimientos de una cosecha. Se estudian con este propósito las imágenes de satélite captadas en diversas etapas del ciclo de cultivo para un único año: la preparación del suelo, la siembra, el establecimiento de la planta, el crecimiento activo, la floración, la fructificación y la translocación de nutrientes o la maduración de los frutos y la cosecha.

Las imágenes de satélite también permiten conocer los procesos vegetales y edáficos de plazo mediano o largo. El análisis de la degradación forestal y la detección del cambio del uso de la tierra constituyen los principales ejemplos de aplicación de esta técnica. Las imágenes obtenidas en diferentes años pueden entonces ser comparadas siempre y cuando hayan sido captadas en el mismo período del año; se reduce así al mínimo la expresión de variables como la calidad de la luz, la geometría de la observación y, en el caso de los ecosistemas vegetales, las diferencias de comportamiento de la comunidad a lo largo del año (Singh, 1986; Mouat *et al.*, citado por Chuvieco, 1998).

Los dos procedimientos mencionados son técnicas *fenológicas*. La fenología es el estudio de la cronología de los ciclos biológicos de plantas y animales, y en particular en lo referente a los cambios que tienen lugar en las distintas estaciones y bajo diversas condiciones climáticas. En el caso de los cultivos anuales, la observación de las variaciones en las imágenes es relativamente sencilla. Los cambios en la fotorreflexión a lo largo del ciclo de crecimiento de los cultivos son evidentes y ocurren durante períodos breves. En el caso de los ecosistemas forestales, los procesos naturales y los métodos para observarlos son prolongados. El comportamiento de los individuos tiene tiempos

más dilatados (5 a 25 años), y esto también vale para las plantaciones forestales, que son «ecosistemas puros» (por ejemplo, los rodales de una misma edad). A lo largo de este período es posible distinguir entre las fases de plantación, establecimiento de los plántones y crecimiento vegetativo hasta la madurez comercial; estas fases abarcan procesos dinámicos más complejos como la floración, la fructificación, el cambio de las hojas y ramas y el engrosamiento del tronco, que suponen modificaciones constantes de la materia viva, o biomasa aérea, presente por encima del suelo.

Más compleja resulta la observación de los procesos fenológicos de un rodal primario o natural que encierra individuos de diferentes edades y especies, donde cada ejemplar tiene su propio ritmo o comportamiento fenológico —floración, fructificación, pérdida de las hojas y rebrote—, y su propia estrategia de supervivencia en cuanto a la competencia por la luz, los nutrientes y el agua.

El NDVI y la fenología

Existen diversas metodologías para estudiar mediante imágenes satelitales los cambios estacionales que ocurren en la vegetación; uno de ellos es la aplicación de índices vegetativos relacionados con el verdor (Chuvieco, 1998). El NDVI mide la relación entre la energía absorbida y emitida por los objetos terrestres. Aplicado a las comunidades de plantas, el índice arroja valores de intensidad del verdor de la zona, y da

cuenta de la cantidad de vegetación presente en una superficie y su estado de salud o vigor vegetativo. El NDVI es un índice no dimensional, y por lo tanto sus valores van de -1 a $+1$.

En la práctica, los valores que están por debajo de $0,1$ corresponden a los cuerpos de agua y a la tierra desnuda, mientras que los valores más altos son indicadores de la actividad fotosintética de las zonas de matorral, el bosque templado, la selva y la actividad agrícola.

EL ESTUDIO

Antecedentes y conjuntos de datos

Partiendo de las imágenes de teledetección y de estudios de campo, se buscó establecer la relación entre el NDVI y la biomasa aérea. En primer lugar, hubo que recolectar las imágenes. Luego, se definieron los valores del NDVI por medio del análisis de esas imágenes. A continuación, dichos valores se aplicaron a diferentes comunidades vegetativas con el fin de validar tanto el método mismo como de especificar una línea de referencia para las observaciones. Luego, el comportamiento de las comunidades fue observado a lo largo del tiempo. Por último, se pudo correlacionar el NDVI con la biomasa aérea —un indicador de la salud del bosque— mediante datos de estudios de campo. Estos permitieron comprobar la validez del método para el seguimiento del uso de bosque.

El estudio se centró en México, país que posee una superficie de tierras emergidas de alrededor de 2 millones de kilómetros

CUADRO 1. Clasificación de las observaciones de campo hechas entre 2004 y 2007 y utilizadas para el análisis del NDVI

Comunidad vegetal	Clave del Instituto Nacional de Estadística y Geografía	Número de sitios
Bosque de encino	Encino y encino y pino	20 139
Bosque de pino	Pino, abeto, enebro, ciprés, enebro y pino y encino, con predominancia de pino	6 276
Desierto y dunas	Matorral desértico micrófilo	199
Manglar	<i>Rhizophora</i> spp.	980
Matorral	Diferentes fisonomías de matorral	10 945
Bosque mesófilo	Bosque muy húmedo de montaña	1 526
Pastizal	Pastos naturales por la presencia de sodio y yeso	235
Selvas altas y medianas	Selvas altas y medianas deciduas o perennifolias	16 976
Selvas bajas	Selvas bajas deciduas o perennifolias	6 470
Tular	<i>Thyphus</i> spp.	190
Sin cobertura vegetal	Sin cobertura vegetal	1 229

1
Comportamiento mensual promedio del NDVI por tipo de comunidad vegetal

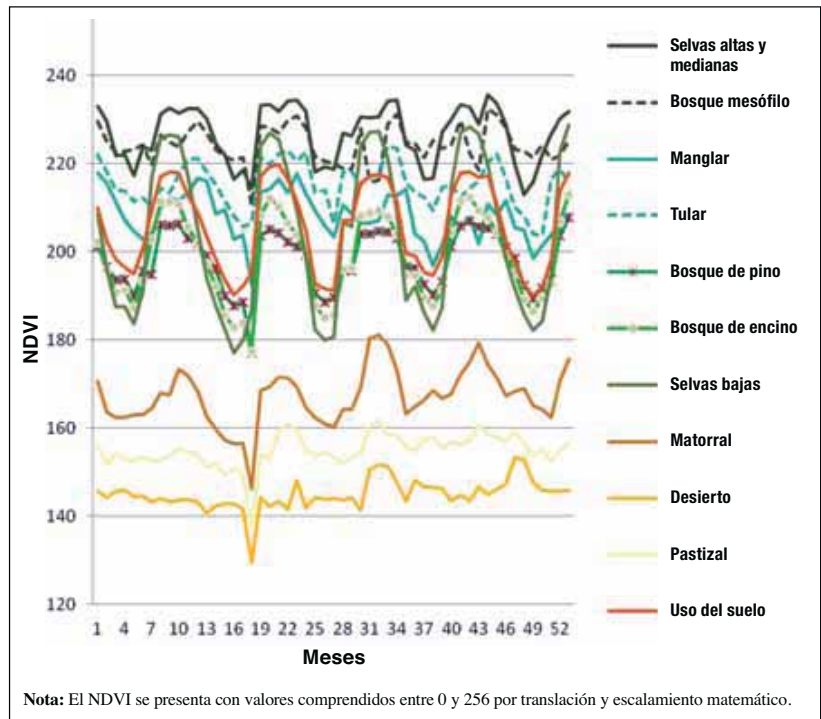
cuadrados. Dada su particular localización y relieve, México presenta una gran variedad de ecosistemas y zonas de vida, que van de las tropicales a las templadas. Para el estudio se utilizaron imágenes satelitales e información procedente de inventarios. Las imágenes satelitales fueron obtenidas por medio del espectrómetro de formación de imágenes de resolución moderada (MODIS), un instrumento lanzado por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América a bordo de dos satélites que proporciona mediciones a gran escala de la dinámica global.

El Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), una base documental que está bajo la responsabilidad operativa de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), fue la fuente de la información terrestre para las estimaciones. Las estadísticas del INFyS fueron recogidas durante el período 2004-2007 y actualizadas en 2008-2009.

Determinación de los valores del NDVI

Para estimar el comportamiento fenológico de los ecosistemas forestales se analizaron compuestos de imágenes MODIS de resolución espacial de 500 m tomadas durante los meses sin nubosidad. Las imágenes fueron elaboradas por el Instituto para Estudios Computacionales Avanzados de la Universidad de Maryland (Estados Unidos de América). Se examinaron 53 imágenes compuestas consecutivas correspondientes a 30 días, desde el 16 de noviembre de 2000 hasta el 13 de agosto de 2005. Los valores del NDVI fueron calculados para esas imágenes.

A continuación, fue necesario correlacionar los valores del NDVI con los tipos de vegetación de los diferentes sitios estudiados. Se obtuvo así una muestra estratificada sistemática de datos de campo provenientes del INFyS que abarcaba todos los ecosistemas del país. El tipo de comunidad vegetal atribuido a una determinada zona indicaba, para cada uno de los sitios muestreados, la vegetación más frecuentemente observada. Los tipos



de vegetación fueron identificados mediante las etiquetas clasificatorias de la Carta de uso de suelo y vegetación, Serie II, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000). Como puede verse en el Cuadro 1, fueron sometidos a observación y clasificación un total de 65 165 sitios.

Los sitios muestreados se superpusieron a la serie de 53 imágenes que habían sido elaboradas a partir de las imágenes compuestas mensuales captadas mediante MODIS. Para conocer el comportamiento interanual de cada tipo de comunidad vegetal se calculó un valor promedio mensual para el NDVI.

Observaciones

Los valores de NDVI más elevados correspondieron a los bosques tropicales de alta y mediana altitud y a los bosques mesófilos de montaña. Estos valores se mantuvieron por encima del umbral de verdor de referencia a lo largo de todo el año (Figura 1). El umbral tiene un valor aproximado de 190 (véase en la Figura 1 la nota sobre los valores del NDVI), y se puede relacionar con el hábito perennifolio del ecosistema o umbral, que diferencia los bosques de otras tierras arboladas.

Una tendencia sinusoidal o un comportamiento cíclico anual son las respuestas

clásicas a un ciclo regular de pluviosidad y almacenamiento de agua en el terreno. Los valores de NDVI mínimos se registran entre febrero y abril de cada año y corresponden al período más seco. Los valores de NDVI máximos se observan en los meses más lluviosos de julio y agosto. La variabilidad puede aún ser mayor puesto que las fechas de la estación de lluvias cambian según la altitud. Se ha de tener presente que México es un país que se extiende sobre una superficie considerable de norte a sur.

Las extremas oscilaciones muestran que en las selvas bajas el ciclo de variaciones es más acentuado. Al igual que los bosques de encino y pino, estos bosques tienen valores que, entre los meses de febrero y mayo de los años analizados, están por debajo del umbral de referencia de 190. Los descensos en el valor del NDVI ocurren porque el nivel de verdor correspondiente a esos períodos es bajo a causa de la caída o del cambio de color de las hojas.

El lector deberá tomar nota de que el valor mostrado corresponde a la respuesta combinada total del ecosistema (el suelo y los estratos herbáceos, de matorral y de árboles). Por lo tanto, es también posible que durante ese período, a causa del estrés hídrico, una parte del estrato de pasto se seque por completo en esos bosques.

2 Comportamiento anual del NDVI de la estación seca para varios tipos de ecosistema

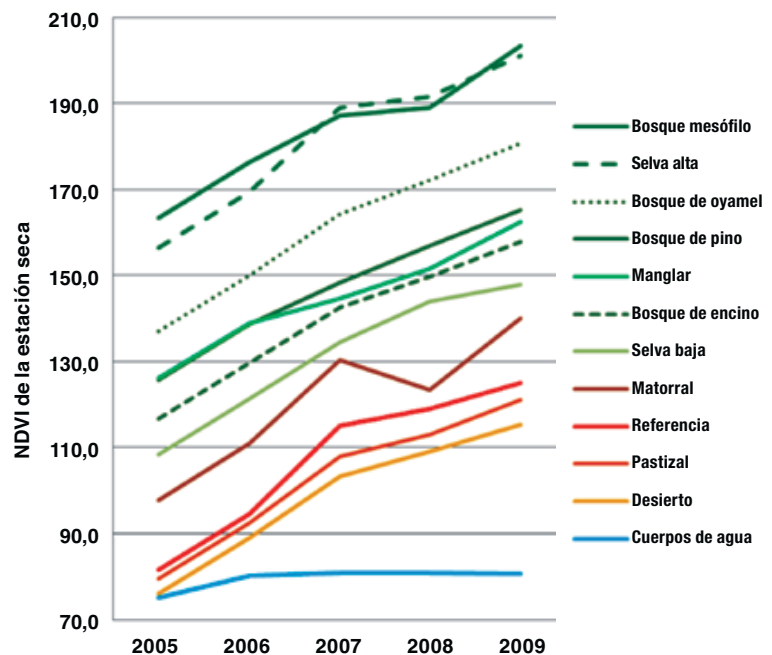
Las comunidades vegetales con los valores de NDVI más bajos son los desiertos, en los cuales las hojas son muy escasas, seguidos por los pastizales y las zonas de matorral. Estas comunidades no muestran tendencia sinusoidal; su respuesta es más bien la de una región de pluviosidad irregular. Esta fluctuación complica el análisis de los procesos de degradación.

Los ecosistemas de manglar y de tular presentan el comportamiento más complejo en cuanto a valores de NDVI. Los valores están siempre por encima de los valores de referencia pero carecen de picos claramente definidos y se ven muy afectados por las fluctuaciones del nivel hídrico.

La muestra comprendía una serie de sitios clasificados en la categoría «uso del suelo», una expresión que corresponde por lo general a la presencia de actividades agrícolas. Estas superficies muestran un comportamiento sinusoidal de perfil algo más estrecho que el de la selva baja, y sus valores de NDVI promedio nunca están por debajo del umbral de referencia. Estos valores constantemente «verdes» son difíciles de explicar cuando se practican cultivos anuales y la agricultura es mecanizada, ya que se hubiera podido esperar que durante el período de preparación del suelo los valores fuesen cercanos a los de la tierra desnuda. El fenómeno se podría atribuir quizá a que para estos cultivos se prescinde de cualquier tipo de mecanización.

El muestreo pone de manifiesto que en un análisis multitemporal de los procesos la fecha de la toma de las imágenes satelitales es un factor importante. Es fundamental comparar imágenes que correspondan a unas mismas fechas, puesto que durante los distintos meses del año se constatan diferencias en el vigor vegetativo, e incluso en las comunidades perennifolias puede haber variaciones pronunciadas entre las estaciones seca y lluviosa.

Este tipo de análisis desvela los cambios naturales experimentados por la vegetación a lo largo de un determinado



Nota: El NDVI se presenta con valores comprendidos entre 0 y 256 por translación y escalamiento matemático.

período. A los fines del seguimiento, será necesario distinguir las fluctuaciones en el verdor que resultan de oscilaciones naturales de las que derivan de otros procesos.

Variaciones del NDVI de un año a otro

El paso siguiente consistió en determinar el comportamiento anual del NDVI para las diferentes zonas de vegetación. La estación seca fue seleccionada porque durante ella las imágenes MODIS son menos afectadas por la cubierta nubosa, y las tierras arables, que están generalmente desnudas, son fácilmente distinguibles.

Se preparó un compuesto de imágenes MODIS con resolución espacial de 250 m. Las imágenes fueron captadas entre el 15 de febrero y el 15 de abril de cada año, período que corresponde a la estación seca. Los valores de NDVI promedio se calcularon para dicho período. Los puntos observados en las rondas anteriores se superpusieron, y el comportamiento promedio se calculó para cada tipo de comunidad vegetal (Figura 2).

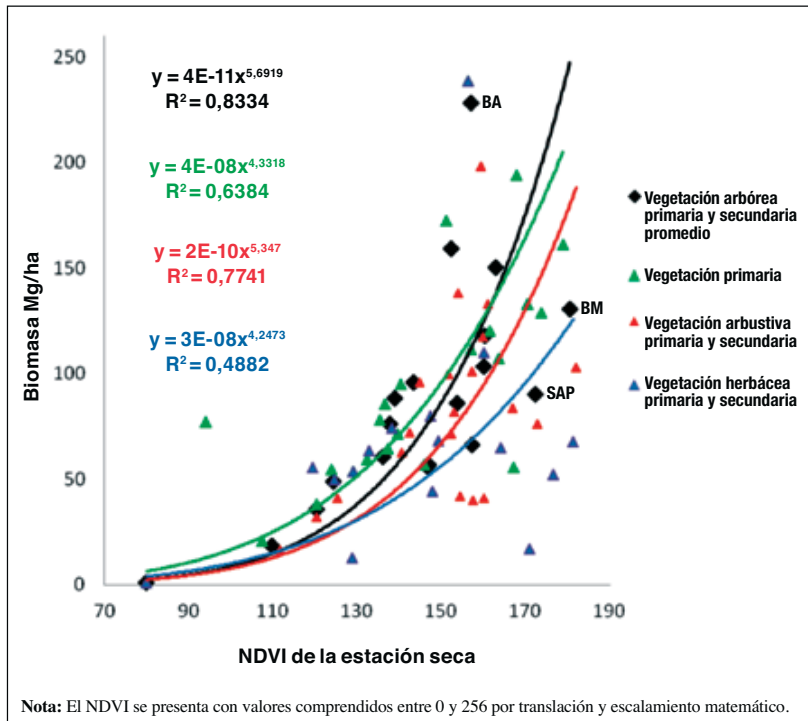
Es posible percibir que el contenido de biomasa de los diferentes ecosistemas obedece a una pauta definida. En los diversos tipos de vegetación se constata que el NDVI aumenta de forma

casi constante a lo largo del período; sin embargo, se aprecian excepciones en el bosque mesófilo de montaña, la selva de alta y mediana montaña y las zonas de matorral, que casi no muestran fluctuaciones entre las estaciones de 2007 y 2008.

Vinculaciones entre el NDVI y la biomasa aérea

La biomasa aérea se seleccionó como variable indicadora de la función del bosque para compararla con el comportamiento del NDVI. El bosque puede experimentar un cambio de cubierta vegetal sin perder necesariamente su condición original; pero un cambio estructural, que disminuye la capacidad del bosque de proporcionar servicios y productos, puede sí considerarse una forma de degradación.

Se midieron 25 000 puntos en el campo con el objeto de elaborar un inventario. Cada punto de medición, o conglomerado, comprendió cuatro sitios, o subconglomerados. En cada uno de los sitios se hicieron mediciones de las variables para todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) de más de 7,5 cm. Se tomaron variables como el número de árboles, el número de especies, el número de árboles vivos, el número de tocones,



la altura total del árbol, la altura comercial, la altura libre, el DAP, el diámetro de la corona y del área basal, y otras 21 variables cuantitativas y 45 variables cualitativas relacionadas por ejemplo con la regeneración del bosque, la naturaleza de las repercusiones, el estado de la capa superficial y el humus y el uso del recurso (CONAFOR, 2011).

El volumen de la biomasa aérea (en toneladas por hectárea) se calculó para 16 842 conglomerados medidos en el campo con vistas a su inclusión en el INFyS (ECOSUR, 2009). Para cada ecosistema se formularon ecuaciones que estaban basadas en una revisión de la literatura. La mayor parte de las ecuaciones se derivaron de materiales que reflejan una perspectiva comercial y están referidos a ecosistemas de coníferas y latifoliadas de regiones templadas.

Se elaboraron ecuaciones alométricas para 120 de las casi 3 000 especies que figuran en el INFyS. En la mayor parte de los modelos se utilizan como variables independientes el DAP y la altura. No se usaron datos de regeneración para estimar la biomasa; las especies suculentas de zonas áridas fueron omitidas,

y no se elaboraron ecuaciones para la biomasa o el volumen de la madera de ciertas comunidades (*Thalia*, sabana, tular, palma, manglar y algunas selvas). Se tomaron en consideración 1 230 127 de los 1 305 307 árboles observados (véase la Figura 4; ECOSUR, 2009). Los 16 842 conglomerados se superpusieron a las imágenes de NDVI y se clasificaron de acuerdo con la comunidad vegetal y su condición (primaria, primaria con vegetación secundaria arbórea, y primaria con vegetación secundaria arbustiva) (Figura 3).

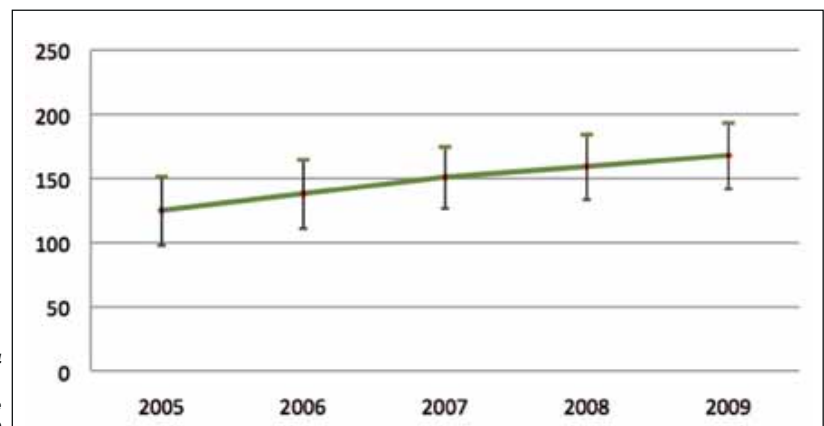
La relación entre biomasa aérea e NDVI muestra un comportamiento exponencial cuyo origen corresponde al valor del NDVI de los cuerpos de agua, para los

cuales se ha asumido una biomasa aérea equivalente a 0. Los valores más altos de biomasa corresponden al bosque de abeto (BA), mientras que los valores más altos del NDVI corresponden al bosque mesófilo de montaña (BM), seguido por la selva alta perenne (SAP). Para el cálculo de la biomasa aérea de estas dos últimas comunidades se utilizaron las ecuaciones generales propuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su orientación sobre las buenas prácticas relacionadas con el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la silvicultura (IPCC, 2003). La relación general muestra un coeficiente de correlación (R^2) de 0,8334.

Se ha de tener presente que la morfología de la selva y los bosques mesófilos de montaña difiere marcadamente de la morfología de las coníferas, y que en el modelo ambos están subestimados. Pero por otra parte, el modelo también produce un efecto de «sobrestimación», ya que solo los árboles de más de 7,5 cm de DAP se han tomado en cuenta para el cálculo de la biomasa, mientras que las mediciones de NDVI satelitales integran la totalidad de la respuesta del ecosistema (estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo).

La Figura 3 muestra un declive en la relación entre biomasa aérea e NDVI, según su situación o estado sucesivos. Esta tendencia indica que, para una determinada comunidad, la biomasa aérea es más abundante en los

4
Comportamiento general del NDVI, 2005-2009, de una muestra que se volvió a medir en 2009



ecosistemas primarios que en los ecosistemas perturbados.

SEGUIMIENTO

Se ha lanzado una iniciativa destinada a volver a medir los sitios visitados en la primera campaña de mediciones. Los sitios fueron visitados por primera vez en 2009 y serán visitados nuevamente en 2012. Por consiguiente, se seguirá disponiendo de información sobre el crecimiento y los cambios en las funciones forestales para el 20 por ciento de los 25 000 conglomerados existentes. La información sobre suelos, incendios y salud del bosque podrá ser estimada interrogando la base de datos del INFyS (2010).

En el primer ciclo de nuevas mediciones se recogieron los valores del NDVI correspondientes a las mediciones de campo del INFyS hechas en 2009, y se analizaron tanto los puntos que habían

sufrido perturbaciones como los puntos que no habían sido alterados.

Del total de los 3 533 conglomerados medidos en 2009, 3 486 arrojaron valores de NDVI superiores a los de la medición inicial. El comportamiento general del NDVI se muestra en la Figura 4. También se analizó el comportamiento de algunas clases específicas de vegetación.

En el recuadro y en el cuadro, figura y fotografías que lo ilustran, se ofrecen los datos correspondientes a uno de los puntos que forman parte del grupo estudiado, el conglomerado 56890 de Campeche. Este punto fue uno de los puntos tomados aleatoriamente con el fin de demostrar tanto la situación que caracterizaba el conglomerado en el momento de la primera y segunda mediciones como la pauta de variación del NDVI. Más adelante (Figura 5) se presentan los resultados relativos a una agrupación de terrenos sin cubierta vegetal.

Debe tenerse en cuenta que los puntos de medición en el campo permiten evaluar tan sólo una superficie de 1 600 m²; que estos puntos son representativos de 1 ha de terreno, y que el área de píxeles total es de 6,25 ha.

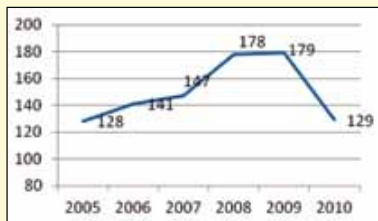
Se pudo detectar una reducción del valor del NDVI en 47 de los 3 533 conglomerados medidos en 2009.

Según se informó, la muestra de 2009 contenía 258 conglomerados sin cubierta vegetal.

En este grupo se distinguieron cuatro clases:

- 129 conglomerados no fueron visitados en la primera ronda porque se los interpretó como conglomerados de «uso de la tierra»; estos conglomerados fueron validados por interpretación de imágenes; no se detectó reducción del valor del NDVI en ninguno de estos casos (puntos verdes en el mapa).

Seguimiento: conglomerado 56890 (Campeche)



Comportamiento del NDVI, 2005-2010, conglomerado 56890

El conglomerado 56890 es un caso interesante. De acuerdo con el NDVI de la estación seca observado hasta el 15 de abril de 2009, fue posible determinar que el mismo había sido quemado recientemente. Aunque el comportamiento del NDVI para algunos años (figura) pudo ser objeto de descripción, se necesita llevar a cabo otros análisis para completar su conocimiento.

En agosto de 2005, en el conglomerado 56890 se comprobó la existencia de una selva subperenne de media altitud; y se midieron 192 árboles (fotografía, izquierda). La observación hecha en abril de 2009 no mostró cubierta vegetal alguna; en esa zona había 0 individuos (fotografía, derecha; cuadro).

Resultados del estudio del conglomerado 56890 (Campeche)

Visita	Número de árboles	DAP cm	Ancho de copa m	Cubierta %	Altura total m	Tocones
09/08/2005	192	11,82	2,51	60,1	8,98	0
17/04/2009	0	0	0	0	0	0





5

Conglomerados declarados sin cubierta vegetal en el estudio de 2009, por caso

- 53 conglomerados eran terrenos «sin cubierta vegetal» entre 2004 y 2007, y seguían careciendo de cubierta vegetal en 2009; no se detectó reducción del valor del NDVI en ninguno de estos casos (puntos amarillos en el mapa).
- 61 conglomerados fueron etiquetados erróneamente en el período 2004-2007. Las zonas de bosque estaban indicadas, pero tras la revisión de las fotografías y datos se comprobó que los conglomerados carecían en realidad de cubierta vegetal; no se detectó reducción del valor del NDVI en ninguno de estos casos (puntos rojos en el mapa).
- La observación de 2004-2007 mostró para 14 conglomerados cubierta vegetal en algunos tipos de bosque; en cambio, la observación de 2009 evidenció que esos conglomerados carecían de cubierta vegetal (puntos azules en el mapa).

CONCLUSIONES

Existen limitaciones al uso del NDVI como instrumento de medición de la degradación del bosque; pero existen

también áreas en que este índice podría ser perfeccionado. Dado que la fenología desempeña una función importante en el análisis de los procesos de cambio, es necesario seleccionar cuidadosamente las fechas de captación de las imágenes MODIS que permiten evaluar dichos procesos. Para la elaboración de las imágenes es oportuno eliminar las nubes, las sombras proyectadas por las nubes, las sombras creadas por la topografía y los valores de saturación en los números generados por la geometría de la observación del satélite o la presencia de agua sobre las hojas de los árboles.

Los modelos de regresión pueden igualmente ser mejorados, por ejemplo haciendo comparaciones entre dos mediciones temporales en un único punto del INFyS o tomando en cuenta ciertos factores como el rebrote. El INFyS contiene además otras variables mensurables, como los árboles en pie muertos y los tocones —que permitirían entender más cabalmente la dinámica forestal en cada uno de los puntos observados—, y la edad de la muestra madre de las poblaciones de coníferas. La mayor parte de las ecuaciones

alométricas para estimar la biomasa aérea se basan solo en la altura del individuo y en el DAP; no son tomados en cuenta en ellas aspectos como la cubierta de copas, el diámetro de las ramas y el área basal. Conforme se vayan refinando las estimaciones de la biomasa presente en los bosques mesófilos de montaña y los ecosistemas de selva, dicho método podrá ser más representativo de los cambios ocurridos. Se deberá prestar atención a otros aspectos tales como las anomalías climáticas que repercuten mayormente en el vigor del crecimiento. Por ejemplo, los años «húmedos» asociados con el fenómeno La Niña y El Niño determinarán un incremento del valor del NDVI, mientras que los años «secos» generarán valores muy bajos del indicador de cambio.

Pese a las limitaciones relativas a la resolución de las imágenes y al cálculo de la biomasa aérea, el modelo de regresión de 0,83 es muy satisfactorio. Las imágenes generadas por el sensor MODIS son apropiadas para el análisis

de los cambios que resultan de la degradación, siempre que su impacto haya sido suficientemente grande para determinar una variación en la radiometría y por consiguiente en el NDVI. El NDVI puede ser utilizado como indicador debido a que tiene un comportamiento que se puede conocer con anticipación. ◆



Bibliografía

- Chuvieco, E.** 1998. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*, 10: 1–9.
- CONAFOR.** 2011. *Preliminary report of the National Forest and Soil Inventory, 2004–2009*. Zapopan, México, Comisión Nacional Forestal.
- ECOSUR.** 2009. *Estimation of biomass for FRA 2010 tables*. Villahermosa, México, Colegio de la Frontera Sur.
- INEGI.** 2000. *Land use and vegetation chart*. Aguascalientes, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- IPCC.** 2003. *Orientación sobre las buenas prácticas relacionadas con el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la silvicultura*. Hayama, Japón, elaborado por el Instituto para las Estrategias Ambientales Globales para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (disponible también en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html).
- OIMT.** 2002. *ITTO Guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. ITTO Policy Development Series No. 13. Yokohama, Japón, Organización Internacional de las Maderas Tropicales (disponible también en: www.itto.int/policypapers_guidelines/).
- Singh, A.** 1986. Change detection in the tropical forest environment of northeastern India using Landsat. En: M.J. Eden y J.T. Parry, eds. *Remote sensing and tropical land management*, pp. 237–254. Chichester, Reino Unido, John Wiley. ◆

Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal

L. Laestadius, S. Maginnis, S. Minnemeyer, P. Potapov, C. Saint-Laurent y N. Sizer

Más de 2 000 millones de hectáreas de paisajes deforestados y degradados del mundo podrían potencialmente ser restauradas: una oportunidad enorme para reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria, contener los efectos del cambio climático y proteger el ambiente.

Lars Laestadius es Investigador asociado principal del Instituto de Recursos Mundiales, Washington, D.C. (Estados Unidos de América).

Stewart Maginnis es Director del Grupo de Medio Ambiente y Desarrollo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Gland (Suiza).

Susan Minnemeyer es Jefa del Sistema de información geográfica, Instituto de Recursos Mundiales.

Peter Potapov es Catedrático asociado de la Universidad de Maryland, College Park, Maryland (Estados Unidos de América).

Carole Saint-Laurent es Asesora superior sobre política y asociaciones forestales de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Coordinadora de la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal, Gland (Suiza).

Nigel Sizer es Director de la Iniciativa mundial para los bosques, Instituto de Recursos Mundiales.

La respuesta común a la pérdida de cubierta forestal ha consistido normalmente, pero no siempre, en plantar árboles a escala industrial de una pequeña mezcla de especies. De hecho, los bosques plantados representan hoy hasta el 7 por ciento de la superficie forestal mundial y suponen más del 40 por ciento de los suministros mundiales de madera industrial y fibra (FAO, 2010).

Aprovechando una experiencia de décadas en materia de observaciones de campo, hace unos diez años se introdujo el concepto de *paisaje forestal*. La restauración del paisaje forestal es un marco integrador que puede —y debería— ser aplicado a un gran abanico de usos de la tierra con el propósito de asegurar el mantenimiento y la intensificación de las funciones ecosistémicas y de las exigencias sociales esenciales.

Es importante destacar que con la idea de restauración del paisaje forestal no se busca retornar a puntos de vista pasados del uso de la tierra. Más bien, se trata de asegurar que las generaciones actuales y futuras puedan contar con bienes y servicios ecosistémicos clave y hacer frente de modo eficaz a las incertidumbres climáticas, económicas y sociales.

La restauración del paisaje forestal es el proceso en virtud del cual se recupera la funcionalidad y productividad de las tierras y bosques que han sufrido degradación. Gracias a los árboles que crecen en los paisajes agrícolas la producción de alimentos y la capacidad de recuperación de las tierras aumentan. Las tierras restauradas son fuente de suministro de agua limpia; en esas tierras la erosión es menor, y en ellas la flora y fauna silvestres encuentran un hábitat idóneo. Los bosques y árboles mitigan los efectos del cambio climático porque absorben carbono.

Oportunidades de restauración

La experiencia demuestra que la restauración forestal es posible. En América del Norte y

Europa amplias superficies otrora deforestadas han vuelto a estar pobladas de bosque. Costa Rica y la República de Corea, entre otros países, han emprendido estrategias exitosas de restauración forestal. Gracias a las campañas de restauración llevadas a cabo en China, el Níger y la República Unida de Tanzania se ha conseguido frenar la desertificación, restaurar los terrenos boscosos y mejorar por añadidura espectacularmente los medios de subsistencia de la población y la salud ecológica. La difusión de los sistemas agroforestales en muchas partes del mundo se ha traducido en aumentos de productividad de los cultivos y la producción ganadera.

La mayor parte de los países que han experimentado pérdida y degradación de sus bosques tienen oportunidades de restaurarlos, pero con frecuencia los pasan por alto. Por lo tanto, la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal ha solicitado a un consorcio dirigido por el Instituto de Recursos Mundiales configurar un mapa mundial de oportunidades de restauración (véase la figura; Minnemeyer *et al.*, 2011).

Método

Como punto de partida se tomó la extensión *potencial* de los bosques y tierras arboladas, y no la extensión que los mismos ocupan en la actualidad. Aparte de la razón obvia de que los bosques pueden crecer en estas áreas, la extensión potencial del bosque sirve también de punto de referencia útil para evaluar los cambios que han tenido lugar en la cubierta forestal.

Tres fueron las categorías de bosque que se distinguieron: bosques cerrados (cubierta de dosel de más del 45 por ciento); bosques abiertos (cubierta de dosel de entre el 25 y el 45 por ciento), y tierras arboladas (cubierta de dosel de entre el 10 y el 25 por ciento). Las tierras que tenían una cubierta de árboles aún menor se consideraron o bien tierras naturalmente no forestadas, o bien tierras que habiendo pertenecido a alguna de las categorías de bosque mencionadas más arriba fueron destinadas a otro uso.

Primeramente cartografiamos los lugares en los cuales podía potencialmente haber bosques y

Tierras donde existen oportunidades de restaurar bosques y paisajes. Los bosques cuya restauración no es necesaria y las tierras cultivables antes ocupadas por bosques no se muestran



terrenos boscosos siempre que el suelo y el clima fuesen los únicos factores limitantes, es decir las zonas en donde crecerían bosques si estos estuviesen libres del influjo ejercido por el ser humano. Aunque en ellas los árboles desempeñan un papel importante, las zonas secas, como el Sahel, no se incluyeron debido a su muy baja densidad forestal potencial.

A continuación cartografiamos las extensiones actuales de bosques y terrenos boscosos. Los mapas se derivaron de imágenes mundiales de satélite con una resolución de 250 m.

Luego procedimos a determinar las oportunidades de restauración comparando los mapas de extensión potencial y actual de los bosques a la luz de la información sobre el uso presente de la tierra. Las tierras cultivables situadas en anteriores tierras forestales, los paisajes forestales inalterados y los bosques naturales y terrenos boscosos ordenados se cartografiaron como sitios privados de potencial de restauración (aunque esto no siempre es verdad).

Seguidamente, tomamos en cuenta los factores que limitan la restauración cartografiando la presión antrópica, entendida como una combinación de densidad de población y de uso de la tierra. Las oportunidades de restauración en zonas remotas y despobladas también fueron señaladas.

Por último, las tierras deforestadas y degradadas se dividieron en cuatro categorías que dieron lugar a un mapa de las áreas de oportunidades de restauración y de otras anteriores tierras forestales:

- **Restauración a gran escala** – Densidad de población inferior a 10 personas por km² y potencial para albergar bosque cerrado.
- **Restauración por mosaicos forestales** – Presión antrópica moderada (entre 10 y 100 personas por km²). Restauración consistente en una mezcla de personas, árboles y cultivos (dando origen por ejemplo a parques agroforestales, a parcelas boscosas frecuentes y pequeñas, a barbechos agrícolas y bosques secundarios mejorados y a composiciones lineales tales como setos vivos, plantaciones en fajas y a lo largo de cursos de agua).
- **Oportunidades de restauración en zonas remotas** – Presión antrópica muy baja (menos de 1 persona por km² en un radio de 500 km). En estas zonas la restauración podría no ser factible.
- **Tierras agrícolas y urbanas** – Antiguas tierras forestales convertidas en las que la presión antrópica es elevada (densidad de más de 100 personas por km²), tierras cultivables y zonas urbanas.

Resultados

En todo el mundo, en más de 2 000 millones de hectáreas existen oportunidades de restauración forestal. La mayor parte de estas tierras se encuentra en zonas tropicales y templadas. Mil quinientos millones de hectáreas se prestan más a una restauración por mosaicos, y otros 500 millones a restauración en gran escala de bosques cerrados. Sin embargo, estos resultados deben ser interpretados con precaución. El mapa se basa en simplificaciones importantes y la información subyacente es basta e incompleta, y a veces también poco exacta. Se dispuso de información fidedigna para la cubierta vegetal, uso de la tierra, densidad de población y otros factores. Sin embargo, factores esenciales como la tenencia y la dinámica del uso de la tierra no pudieron ser tenidos en cuenta por falta de datos.

El mapa muestra los paisajes en los cuales la restauración puede llevarse a cabo con más probabilidades, pero no la ubicación de los sitios restaurables. Muchos aspectos del paisaje no son visibles con la resolución espacial empleada para el levantamiento del mapa (1 x 1 km), y la situación local no pudo ser tomada en consideración. Los datos no fueron validados en el terreno.

El mapa muestra la localización de las tierras cuyas características indican oportunidades de restauración, pero no prescribe ningún tipo de intervención rehabilitadora en particular. El objetivo era proporcionar una base para el proceso de diseño de las políticas forestales a nivel mundial, que deberá ser complementada con otras investigaciones en el plano regional y local.

Conclusiones

La mayor parte de los países han sufrido pérdidas o degradación de sus bosques. Las oportunidades de restauración forestal existen en todos los continentes y son enormes en cuanto a superficie, pero la estimación de las extensiones por restaurar es muy aproximada.

La mitigación de los efectos del cambio climático es uno de los beneficios principales de la restauración, que completa las acciones destinadas a evitar que la deforestación y la degradación del bosque continúen; la mitigación representa además una actuación que muchos países sí pueden llevar a cabo, incluidos los países en los que la deforestación por evitar es reducida.

La mayor parte de las zonas que presentan oportunidades de restauración están situadas lejos de las zonas actualmente en

vías de deforestación. El mundo no necesita esperar que el proceso de deforestación y degradación cese para emprender acciones de restauración forestal.

Desafío de Bonn

Recientemente, ha sido propuesta una meta mundial de restauración consistente en la rehabilitación, para el año 2020, de **150 millones de hectáreas** de bosques inutilizables o degradados. La campaña fue presentada en septiembre de 2011 en una mesa redonda ministerial en ocasión de la celebración del «Desafío de Bonn sobre los bosques, el cambio climático y biodiversidad», una iniciativa organizada conjuntamente por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y el Ministerio de Medio Ambiente de Alemania en nombre de la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal. El Desafío de Bonn permite vincular las decisiones forestales adoptadas en el ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con las del Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual fijó la meta de restaurar el 15 por ciento de los ecosistemas destruidos y degradados para 2020.

El mapa ayudó a cuantificar estos objetivos. Para más informaciones, véase:

ideastransformlandscapes.org.

Esta meta puede parecer ambiciosa pero es alcanzable si se duplican las tasas actuales de forestación, de regeneración forestal y de expansión de las actividades silvopastorales y agroforestales. Gracias a este esfuerzo sería posible cumplir con el propósito que se persigue lograr mediante el Desafío de Bonn y convertir en realidad la meta de eliminar las pérdidas netas de bosque en el plazo de la próxima década.



Bibliografía

- FAO. 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 – Informe principal*. Estudio FAO: Montes 163. Roma (disponible también en <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>).
- Minnemeyer, S., Laestadius, L., Sizer, N., Saint-Laurent, C. y Potapov, P. 2011. *A world of opportunity*. Washington, D.C., Instituto de Recursos Mundiales. Disponible en: www.wri.org/restoringforests

Medición de la abundancia de poblaciones silvestres en las concesiones madereras del África central

R. Nasi y N. van Vliet

Conforme las concesiones madereras del África central han ido abriendo zonas remotas a las actividades cinegéticas, los métodos para el seguimiento y la medición de las poblaciones silvestres han debido ser objeto de examen.

En el África, aproximadamente la mitad de la cubierta forestal remanente se destina a la explotación maderera. La gestión eficaz de la vida silvestre en las concesiones madereras es por lo tanto un asunto decisivo

En el África central, la corta selectiva es la actividad extractiva industrial que más superficie forestal abarca: las concesiones madereras ocupan entre el 30 y el 45 por ciento de los bosques (Nasi, Cassagne y Billand, 2006). La presencia de maquinaria pesada y de cuadrillas de taladores repercute en la vida silvestre (Johns, 1997; White, 1994; White y Tutin, 2001) ocasionando perturbaciones y modificaciones directas en la estructura y composición del hábitat. La extracción maderera facilita la entrada en los

bosques remotos, puesto que la apertura de caminos en zonas antes impenetrables permite el acceso a los mercados y es causa del incremento de la densidad de la población. Los asentamientos asociados a las infraestructuras y campos de empresas forestales atraen a un gran número de personas, incluidos los trabajadores y sus familias y comerciantes, en zonas otrora escasamente pobladas (Poulsen *et al.*, 2009). La accesibilidad de los terrenos distantes y el aumento de la población conducen a la intensificación de las actividades cinegéticas.



Robert Nasi es Director del Programa de investigación forestal del Consorcio del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional, Árboles y Agroforestería, Centro de Investigación Forestal Internacional, Bogor (Indonesia).

Nathalie van Vliet es Investigadora posdoctoral del Departamento de Geografía y Geología de la Universidad de Copenhague (Dinamarca).

El duiker azul es una importante fuente de proteínas en el África central. Según la Lista Roja de la IUCN, «conforme la población humana va en aumento y se expande, la distribución y número de individuos de esta especie, abundante y altamente resiliente, registra un cierto declive»



LEIT VANTAGE

La caza puede, a su vez, determinar numerosos efectos, no del todo entendidos, susceptibles de alterar la función, estructura y composición general del ecosistema. En muchos casos, tales efectos son relativamente directos y previsibles, en especial para las especies buscadas. Sin embargo, la caza puede también tener repercusiones indirectas, a menudo llamadas en la literatura «efectos en cascada», porque consisten en una sucesión de etapas consecuenciales (p. ej., Wright, 2003). Entre los diversos sistemas dependientes de la presencia de la fauna cuyos procesos se ven potencialmente afectados por la caza están la regeneración vegetal (pérdida de polinizadores y dispersores y de depredadores de semillas), las redes alimentarias (pérdida de los principales depredadores o sus presas) y la diversidad vegetal (modificación de las pautas de herbivoría, aumento de las plagas) (véase Stoner *et al.*, 2007 para un examen). Por consiguiente, la caza, al igual que otras actividades, puede contribuir a la degradación de los bosques. Un efecto potencial extremo es una degradación que culmina en la defaunación casi total¹: las áreas forestales se convierten en «bosques vacíos» (Redford, 1992).

Aunque la repercusión de la explotación forestal y de la caza en la vida silvestre está abundantemente documentada, también está siendo cada vez más reconocido el papel de las concesiones madereras como potenciales «reservorios de vida silvestre», en comparación con las tierras no ordenadas (Meijaard *et al.*, 2006; Clark *et al.*, 2009). Dado que alrededor de la mitad de los bosques remanentes del África se destinan a la explotación maderera, la gestión de la vida silvestre

en las concesiones constituye un asunto crítico, en particular porque la presión de la caza se extiende hacia zonas más apartadas. Como, además de ser una importante fuente de ingresos, la caza, junto con la pesca, los insectos y los gusanos, representa prácticamente la única fuente de proteína para gran parte de la población rural en los trópicos, es necesario gestionar las actividades cinegéticas de manera tal que sigan proporcionando proteína a las poblaciones, sin conducir a la extinción local de las especies más vulnerables (Nasi *et al.*, 2008).

La gestión de las actividades cinegéticas solo puede lograrse si existen métodos apropiados para el seguimiento de las poblaciones silvestres y la degradación forestal y su repercusión sobre la caza. Este artículo presenta algunas de las lecciones aprendidas de intervenciones pasadas y recientes destinadas a evaluar los impactos de la caza en las poblaciones silvestres.

INDICADORES Y MÉTODOS DE MEDICIÓN

Indicadores

La abundancia y la densidad de algunas especies silvestres parecen ser los indicadores directos más comunes, si no los que más fácil es medir con precisión (véase Van Vliet y Nasi, 2008a), de las repercusiones de la caza en la defaunación (véase Azevedo-Ramos, de Carvalho y Nasi, 2005 para un examen

de los indicadores animales y la explotación maderera). En el África central, la abundancia y densidad de grandes mamíferos, primates y ungulados en particular, sirve como indicador de la defaunación forestal. Las especies comúnmente elegidas por su importancia como fuente de proteína e ingresos para los habitantes rurales y urbanos de la cuenca del Congo son los cefalofos (*Cephalophus* spp.) y los potamoqueros (*Potamochoerus porcus*), además de los pequeños monos diurnos.

La extensión y distribución territorial de los caminos ha sido un indicio indirecto particularmente útil para evaluar la defaunación (Laurance *et al.*, 2006; van Vliet y Nasi, 2008b). De hecho, la distribución de los mamíferos dentro de una concesión forestal parece estar mucho más influenciada por la presencia de caminos y por la caza que por los efectos directos de la extracción maderera, tales como la perturbación o la modificación del hábitat (Marshall *et al.*, 2006). La mayoría de los indicadores relativos a la caza se suelen encontrar a menos de 3 km de los caminos de tala, y se ha comprobado que existe una correlación estrecha entre signos de caza y distancia de los caminos. Otros indicadores indirectos utilizados para evaluar la intensidad de la caza en las concesiones madereras son el perfil de extracción de los cazadores, que arroja datos, que se recogen con regularidad, sobre el

¹ En este artículo la palabra «defaunación» describe la magnitud de la merma de la población animal, que va de la disminución numérica o en diversidad a la extirpación faunística casi total.

abatimiento de animales en una muestra de cazadores; el esfuerzo de caza², que es una medición económica del esfuerzo invertido por el cazador; el consumo de carne de caza del hogar, y el volumen de carne de caza comercializada en los mercados cercanos.

Protocolos de la encuesta

Abundancia y densidad de mamíferos

En algunos estudios se ha recurrido a procedimientos de medición *diacrónicos*, es decir a mediciones realizadas en dos momentos distintos en un mismo sitio; la abundancia de mamíferos se mide antes y después de que las actividades madereras hayan tenido lugar y los dos conjuntos de datos se comparan entre sí. Sin embargo, con frecuencia no es posible disponer de datos sobre abundancia de la vida silvestre para el período anterior a la explotación forestal. En tales casos, los investigadores han preferido utilizar métodos *sinclónicos*, consistentes en mediciones que se realizan en un solo momento en sitios diferentes pero relacionados. En virtud de este enfoque, los datos recogidos en sitios vecinos donde la caza ha sido y no practicada se comparan entre sí para evaluar las repercusiones que han derivado de esta actividad.

El protocolo de evaluación de la abundancia de mamíferos más comúnmente utilizado es el transecto lineal, que consiste en la recopilación de datos a lo largo de franjas rectas paralelas.

En las encuestas de las empresas de explotación maderera destinadas a sus inventarios de ordenación, los transectos de vegetación cubren la totalidad de la concesión, y pueden servir para recabar información sobre la vida silvestre y detectar las actividades humanas (p. ej., la caza). En el África central, la inventariación de una superficie de más de 30 millones de hectáreas, llevada a cabo en cumplimiento de las leyes forestales nacionales (Nasi, Cassagne y Billand, 2006), ha permitido constituir una base de datos de valor inestimable que podría ser usada para evaluar la degradación forestal (Mathot y Doucet, 2006; van Vliet y Nasi, 2008b).

Algunos investigadores han recurrido a transectos más cortos y localizados, de una longitud de 1 a 2 km, que buscan en áreas similares en hábitat y representativas de las zonas sin explotar, las zonas recientemente explotadas y las zonas explotadas con anterioridad a un cierto número de años. Generalmente, en los datos obtenidos a partir de los protocolos de transectos lineales se combinan los conteos visuales diurnos, los conteos de excrementos y, en el caso de los primates, los conteos de nidos. Los transectos se recorren a pie durante el día, temprano por la mañana (desde las 6.30 hasta las 10.00 a.m.), a una velocidad media de 1 km por hora, con el fin de maximizar el número de avistamientos directos. Para los cefalofos también se ha utilizado el método de registro del reclamo (van Vliet *et al.*, 2009) y el conteo visual nocturno (Julve Larrubia, 2005).

Para obtener datos sobre densidad de mamíferos por medio de registros de transectos lineales se miden (o estiman) las distancias perpendiculares observadas. Estas se analizan por muestreo, es decir que la medición de la distancia de los objetos que han sido percibidos desde el transecto permite calcular la probabilidad de observarlos (Buckland *et al.*, 1993). Este método requiere un mínimo de 60 avistamientos directos para cada una de las especies estudiadas, lo que puede limitar la eficacia de la indagación dado el comportamiento escurridizo de muchos mamíferos forestales tropicales.

Para las especies tímidas que se desplazan rápidamente el conteo de las pelotillas excrementicias ha demostrado a menudo ser más práctico que los avistamientos directos, puesto que el número de las observaciones es a menudo más alto. Si para cada especie se dispone de datos sobre las tasas de defecación y degradación de excrementos, las observaciones de excrementos también pueden usarse para evaluar la densidad animal por muestreo de la distancia. Si bien el conteo de las pelotillas excrementicias es un método relativamente simple, varios posibles errores se asocian con él. El conteo de los grupos de excrementos es a veces impracticable a causa de las variaciones en las tasas de defecación, el uso de franjas y letrinas por los animales, las

oscilaciones en las pérdidas de pelotillas debido al ataque de escarabajos (van Vliet, Nasi y Lumaret, 2009), la extrema densidad de la vegetación o las dificultades para identificar los excrementos de las diferentes especies de ungulados que viven en una misma zona. Cuando el número de las observaciones es escaso, es posible utilizar como medida de la abundancia el número de observaciones por kilómetro, o índice kilométrico de abundancia (IKA) (Mathot y Doucet, 2006). Este índice simple puede servir para comparar la abundancia de mamíferos entre distintos lugares o a lo largo de un período de seguimiento prolongado.

Como procedimiento sustitutivo de los transectos lineales, algunos estudiosos (p. ej., Forboseh, Sunderland y Eno-Nku, 2007; Hart *et al.*, 2008) han preferido valerse de caminatas censales, o caminatas de reconocimiento, en las que el observador sigue la senda que ofrece la menor resistencia a través de la vegetación. El registro de los avistamientos diurnos directos, pilas excrementicias y nidos puede ser llevado a cabo durante las caminatas. Aunque no se supone que los valores obtenidos sirvan para estimar la densidad animal, los valores pueden sí ser convertidos en IKA.

Otros métodos de encuesta, además del conteo por transectos lineales, son la captura y recaptura de animales con el uso de redes (Dubost, 1980; Koster y Hart, 1988) (se captura, marca y libera a los animales; luego, los animales marcados se vuelven a capturar y se cuentan nuevamente); los encuentros

Pila de excrementos de calafofo. Para algunas especies, puede resultar más práctico realizar un conteo de las pelotillas excrementicias que depender de la información obtenida mediante avistamientos directos



² Por ejemplo, el número de días de caza para un determinado rendimiento, o la cosecha de carne para un determinado esfuerzo de caza (p. ej., Rist *et al.*, 2008).

de caza netos (conteo del número de los animales avistados por superficie inspeccionada) (Noss, 2000); y el cálculo de las densidades a partir del tamaño del área de distribución y la estructura de la población (Feer, 1996). Estos métodos han sido utilizados principalmente para los cefalofos y en zonas relativamente pequeñas porque requieren mucho tiempo y equipos numerosos de expertos adecuadamente capacitados. La captura y recaptura y el muestreo genético no invasivo, por ejemplo por medio de la recolección del pelo y las heces, y las cámaras trampa —aparatos automáticos que capturan imágenes de la vida silvestre— son métodos que actualmente se están ensayando con algunas especies centroafricanas, pero los resultados aún no se han publicado.

Actividades cinegéticas y comerciales

Los estudios que se basan en datos recopilados en las aldeas u hogares se valen de encuestas semiestructuradas regulares (diarias, semanales o mensuales) para determinar los perfiles de abatimiento de animales, el esfuerzo de caza o el consumo de carne de caza del hogar.

Los datos que describen los perfiles de abatimiento comprenden las especies y cantidades cazadas, las técnicas de caza (rifles o trampas), el número de días dedicados a la caza, las cantidades de carne vendidas o consumidas y el precio medio y el peso de cada animal o trozo de animal (e.g. Wilkie *et al.*, 1998; Tieguhong y Zwolinski, 2009).

Como alternativa a la medición de las piezas extraídas también se puede utilizar el esfuerzo de caza. El esfuerzo de caza se cuantifica en unidades de tiempo, por ejemplo el número de horas (Franzen, 2006), días (Peres y Nascimento, 2006) o meses (Noss, Oetting y Cuéllar, 2005) dedicados a la caza. También se puede medir de acuerdo con valores distintos de las unidades de tiempo, por ejemplo según un índice de frecuencia de los encuentros de indicios de caza (Cullen, Bodmer y Valladares-Padua, 2001), el número de cazadores activos en la zona (Naughton-Treves *et al.*, 2003),

los elementos del equipo de caza tales como el número de redes utilizadas o el número de trampas armadas por unidad de tiempo. Existen otras medidas de tipo más territorial, como la distancia que separa el sitio de caza del asentamiento humano (Rao *et al.*, 2005), o el punto de acceso humano más cercano (Hill *et al.*, 1997), o la distancia recorrida por el cazador durante la propia cacería (Sirén, Hambäck y Machoa, 2004).

Al evaluar el consumo de carne de caza del hogar, se registra, de forma detallada, la composición de la comida principal del día (o de las últimas comidas), incluido el precio unitario de la proteína animal (pescado, ganado o carne de caza), las cantidades consumidas y las especies de carne de caza, si las hay (Starkey, 2004; Poulsen *et al.*, 2009).

La mayor parte de los estudios que acopian estadísticas de mercados de carne de caza para la evaluación de la repercusión de la caza en la vida silvestre no se concentra específicamente en las concesiones madereras sino más generalmente en un área de captación regional (Fa *et al.*, 1995; 2004). Esta área se suele calcular de acuerdo con la superficie total que abarcan todos los emplazamientos mencionados por los vendedores como fuentes de carne de caza, y que normalmente rebasan el área de la concesión maderera.

Dos son los principales atributos medidos de la dinámica de mercado: la cantidad y la disponibilidad diarias de cada especie. Estas mediciones se expresan en términos cuantitativos como la abundancia diaria de la especie y la disponibilidad de la especie en el mercado. Los mercados son visitados regularmente (entre una vez al día y una vez a la semana), y una muestra de los comerciantes (o el conjunto de los comerciantes, según el tamaño del mercado) es entrevistada para conocer cuáles son las especies y cantidades vendidas y si la carne es ahumada o fresca.

DISCUSIÓN

Los transectos lineales ofrecen la posibilidad de realizar encuestas sobre múltiples especies, y se han utilizado ampliamente en el contexto de las concesiones madereras. Sin embargo, como técnica de seguimiento regular, este método es costoso y lleva mucho tiempo. Los registros obtenidos a partir de transectos lineales son a menudo demasiado escasos y no permiten hacer un cálculo de densidades. Esto limita la eficacia de las encuestas que se valen de transectos como herramienta para el seguimiento de las tendencias de la población silvestre. También existen impactos ambientales colaterales que derivan del trazado de estas fajas, tales



C. DOLINENGE

Potamoquero. El consumo de carne de caza y la existencia de un mercado para este producto pueden ser indicadores de las repercusiones de las actividades cinegéticas

como la degradación del sotobosque y el uso por los cazadores de los transectos para instalar redes o cazar con rifle.

Por estas razones, algunos investigadores prefieren ahora recurrir a las caminatas censales, o caminatas de reconocimiento. Si bien se trata de un método atractivo cuando las superficies que se necesita estudiar son extensas debido a que las limitaciones logísticas son menores, dicho método exige llevar a cabo nuevas indagaciones para determinar la calidad de los datos que se recogen para las diferentes especies de mamíferos y los tipos de indicios (por ejemplo, excrementos, nidos, observaciones directas). Los métodos más innovadores, tales como la captura y recaptura y el muestreo genético no invasivo (Petit y Valiere, 2006) y las cámaras trampa, podrían abrir nuevas vías para las encuestas sobre mamíferos en superficies extensas. Estos métodos ya se usan en otros contextos para las especies de zonas templadas, y una vez perfeccionados, podrían demostrarse prometedores para las especies tropicales de los bosques del África central.

En lugar de tratar de calcular valores de densidad absolutos (con las salvedades metodológicas que esto implica), convendría más bien estimar las tendencias de abundancia en el tiempo. El IKA representa un método simple pero eficaz para este propósito. Igualmente, el conocimiento de expertos — por ejemplo, la reunión de un cuerpo de opiniones de expertos locales — podría representar una forma de seguimiento de la abundancia de la vida silvestre (van der Hoeven, de Boer y Prins, 2004). A diferencia de los métodos clásicos, el acopio de opiniones de expertos es una técnica barata que asegura que los resultados puedan ser mejor custodiados dentro de la localidad.

Los indicadores indirectos del papel que juega la caza en la defaunación forestal están siendo objeto de una mayor atención, aunque no específicamente en el contexto de la explotación forestal. La literatura ofrece algunas lecciones aprendidas que también son aplicables a las concesiones. En lo que respecta a los estudios de mercado, Fa *et al.* (2004) evaluaron la eficacia de diversos métodos para medir los

volúmenes de carne de caza comercializados y llegaron a las siguientes conclusiones: solo es posible formular inferencias válidas a escala regional a partir de una muestra de mercados amplia; los tiempos y la coordinación del muestreo pueden influir marcadamente en los costos y la calidad de los resultados; y, para la estimación de la riqueza de especies, el muestreo por bloques de días es tan eficaz como el muestreo aleatorio, pero no lo es para el volumen de la canal. Una de las principales limitaciones de los estudios de mercado es que generalmente subestiman la tasa real de explotación porque solo una parte de las extracciones debidas a la caza es vendida en los mercados; el resto se consume en la aldea.

En ese sentido, las entrevistas a cazadores para estimar el perfil de abatimiento de animales pueden ser técnicas más apropiadas porque permiten determinar tanto las cantidades reservadas para el consumo propio como las cantidades vendidas. Las estimaciones del perfil de abatimiento y del esfuerzo de caza son dos métodos que llevan mucho tiempo y solo arrojan resultados exactos cuando existe una cierta confianza entre los entrevistadores y los cazadores entrevistados, lo que limita el alcance de los estudios a un ámbito de escala relativamente pequeña. Otros factores de error relacionados con el esfuerzo de caza son los siguientes: los cálculos del tiempo total pueden estar sistemáticamente sesgados, lo que puede llevar a sobrestimar el esfuerzo efectivo; la cuantificación de la eficacia de las trampas es problemática debido a las variaciones en los índices de comprobación, las variaciones en la composición de los grupos de trampas y la especificidad de las trampas según las especies; y las mediciones económicamente pertinentes de las capturas hechas desde la perspectiva del cazador, porque subestiman el verdadero impacto biológico de la caza (Rist *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Dadas las restricciones de los diferentes métodos examinados en este artículo, un protocolo de encuesta correctamente diseñado podría implicar el uso de una combinación de métodos para la medición de la abundancia de mamíferos y las actividades cinegéticas y comerciales

dentro de la concesión maderera. Las mediciones instantáneas que derivan de estos indicadores han mostrado sus limitaciones a la hora de determinar los efectos de la explotación forestal y de la caza en la vida silvestre. En cambio, es necesario establecer protocolos de seguimiento para períodos largos aprovechando los esfuerzos combinados de gobiernos, empresas madereras, ONG conservacionistas y organismos de certificación forestal.

Van Vliet y Nasi (2008a) muestran que en las estimaciones (en especial las que tienen por objeto la vida silvestre) la incertidumbre es acumulativa. Los resultados que se obtienen en los diferentes sitios no son comparables entre sí porque para el cálculo de los parámetros se han empleado métodos distintos, cada uno con sus propias fuentes de errores. En ausencia de sistemas de verificación y normalización de los métodos utilizados, las conclusiones relativas a la sostenibilidad de la explotación forestal y las repercusiones de la caza deberían ser tratadas con precaución.

Es preciso llevar a cabo más investigaciones para reducir los costos financieros y humanos de los protocolos de seguimiento. Debe fomentarse el uso de métodos innovadores con el auxilio de tecnologías modernas como el muestreo genético no invasivo y las cámaras trampa. Una prioridad para los próximos años debería ser la uniformización de los protocolos para facilitar las comparaciones entre los sitios observados. Hasta ahora, en la mayoría de los estudios sobre las concesiones madereras del África central se han elaborado protocolos propios para evaluar la caza y las poblaciones silvestres; y en consecuencia se han recogido datos muy dispares que impiden cotejar los resultados entre un sitio y otro o entre varios sitios. Un protocolo estadístico estandarizado a nivel nacional o regional permitiría disponer de resultados generalizados, que se podrían traducir fácilmente en recomendaciones prácticas y en una caza más sostenible. Tales recomendaciones deberían a su vez incorporarse en las leyes nacionales o en los procesos de certificación con la finalidad de asegurar que en la gestión de las concesiones madereras la vida silvestre sea tomada en cuenta adecuadamente. ♦



Bibliografía

- Azevedo-Ramos, C., de Carvalho, O. Jr. y R. Nasi.** 2005. *Animal indicators: a tool to assess biotic integrity after logging tropical forests?* Belém, Brasil, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM).
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. y Laake, J.L.** 1993. *Distance sampling: estimating abundance of biological populations.* Londres, Chapman and Hall.
- Clark, C.J., Poulsen, J.R., Malonga, R. y Elkan, P.W. Jr.** 2009. Logging concessions can extend the conservation estate for Central African tropical forests. *Conservation Biology*, 23(5): 1281–1293; DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01243.x.
- Cullen, L. Jr., Bodmer, E.R. y Valladares-Padua, C.** 2001. Ecological consequences of hunting in Atlantic forest patches, São Paulo, Brasil. *Oryx*, 35: 137–144. DOI: 10.1046/j.1365-3008.2001.00163.x.
- Dubost, G.** 1980. L'écologie et la vie sociale du Céphalophe bleu (*Céphalophus monticola* Thunberg), petit ruminant forestier africain. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 54: 205–266.
- Fa, J.E., Juste, J., Perez del Val, J. y Castroviejo, J.** 1995. Impact of market hunting on mammal species in Equatorial Guinea. *Conservation Biology*, 9(5): 1107–1115. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1995.951107.x.
- Fa, J.E., Johnson, P.J., Dupain, J., Lapuente, J., Koster, P. y Macdonald, D.W.** 2004. Sampling effort and dynamics of bushmeat markets. *Animal Conservation*, 7(4): 409–416. DOI: 10.1017/S136794300400160X.
- Feer, F.** 1996. Les potentialités de l'exploitation durable et de l'élevage du gibier en zone forestière tropicale. En C.M. Hladick, A. Hladik, H. Pagezy, O.F. Linares, G.J.A. Koppert y A. Froment, eds., *L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et perspectives de développement*, pp. 1039–1061. París, UNESCO.
- Forbeseh, P.F., Sunderland, T.C.H. y Eno-Nku, M.** 2007. Priority setting for conservation in south-west Cameroon based on large mammal surveys. *Oryx*, 41(2): 255–262. DOI: 10.1017/S0030605307001743.
- Franzen, M.** 2006. Evaluating the sustainability of hunting: a comparison of harvest profiles across three Huaorani communities. *Environmental Conservation*, 33(1): 36–45. DOI: 10.1017/S0376892906002712.
- Hart, J.A., Grossmann, F., Vosper, A. y Ilanga, J.** 2008. Human hunting and its impact on bonobos in the Salonga National Park, Democratic Republic of Congo. En T. Furuichi y J. Thompson, eds., *The bonobos: behavior, ecology, and conservation*, pp. 245–271. Developments in Primatology: Progress and Prospects. Nueva York, EE.UU., Springer.
- Hill, K., Padwe, J., Bejyvagi, C., Bepurangi, A., Jakugi, F., Tykuarangi, R. y Tykuarangi, T.** 1997. Impact of hunting on large vertebrates in the Mbaracayu Reserve, Paraguay. *Conservation Biology*, 11(6): 1339–1353. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1997.96048.x.
- Johns, A.G.** 1997. *Timber production and biodiversity conservation in tropical rain forests.* Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Julve Larrubia, C.** 2005. *Mise en place d'une zone d'intérêt cynégétique à gestion communautaire comme outil de gestion de la faune dans une concession forestière au Sud-Est Cameroun.* Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Bélgica (tesis de graduación).
- Koster S.H. y Hart, J.A.** 1988. Methods of estimating ungulate populations in tropical forests. *African Journal of Ecology*, 26(2): 117–126. DOI: 10.1111/j.1365-2028.1988.tb00962.x.
- Laurance, W.F., Alonso, A., Lee, M. y Campbell, P.** 2006. Challenges for forest conservation in Gabon, Central Africa. *Futures*, 38(4): 454–470. DOI: 10.1016/j.futures.2005.07.012.
- Marshall, A.J., Nardiyono, Engström, L.M., Pamungkas, B., Palapa, J., Meijaard, E. y Stanley, S.A.** 2006. The blowgun is mightier than the chainsaw in determining population density of Bornean orangutans (*Pongo pygmaeus morio*) in the forests of East Kalimantan. *Biological Conservation*, 129(4): 566–578. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.11.025.
- Mathot L. y Doucet J.L.** 2006. Méthode d'inventaire faunique pour le zonage des concessions en forêt tropicale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 287(1): 59–70.
- Meijaard, E., Sheil, D., Nasi, R. y Stanley, S.A.** 2006. Wildlife conservation in Bornean timber concessions. *Ecology and Society*, 11(1): 47. Disponible en: www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art47/
- Nasi, R., Cassagne, B. y Billand, A.** 2006. Forest management in Central Africa: where are we? *International Forestry Review*, 8(1): 14–20.
- Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., van Tol, G. y Christophersen, T.** 2008. *Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis.* CBD Technical Series No. 33. Montreal, Canadá, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y Bogor, Indonesia, Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR).
- Naughton-Treves, L., Mena, J.L., Treves, A., Alvarez, N. y Radeloff, V.C.** 2003. Wildlife survival beyond park boundaries: the impact of slash-and-burn agriculture and hunting on mammals in Tambopata, Peru. *Conservation Biology*, 17(4): 1106–1117. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2003.02045.x.
- Noss, A.J.** 2000. Cable snares and nets in the Central African Republic. En J.G. Robinson y E.L. Bennett, eds., *Hunting for sustainability in tropical forests*, pp. 282–304. Nueva York, EE.UU., Columbia University Press.
- Noss, A.J., Oetting, I. y Cuéllar, R.L.** 2005. Hunter self-monitoring by the Isoseño-Guaraní in the Bolivian Chaco. *Biodiversity and Conservation*, 14(11): 2679–2693. DOI: 10.1007/s10531-005-8401-2.
- Peres, C.A. y Nascimento, H.S.** 2006. Impact of game hunting by the Kayapó of south-eastern Amazonia: implications for wildlife conservation in tropical forest indigenous reserves. *Biodiversity and Conservation*, 15(8): 2627–2653. DOI: 10.1007/s10531-005-5406-9.
- Petit, E. y Valiere, N.** 2006. Estimating population size with noninvasive capture-mark-recapture data. *Conservation Biology*, 20(4): 1062–1073. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2006.00417.x.
- Poulsen, J.R., Clark, C.J., Mavah, G. y Elkan, P.W.** 2009. Bushmeat supply and consumption in a tropical logging concession in northern Congo. *Conservation Biology*, 23(6): 1597–1608. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01251.x.
- Rao, M., Myint, T., Zaw, T. y Htun, S.** 2005. Hunting patterns in tropical forests adjoining the Hkakaborazi National Park, north Myanmar. *Oryx*, 39: 292–300. DOI: 10.1017/S0030605305000724.

- Redford, K.H.** 1992. The empty forest. *BioScience*, 42(6): 412–422. DOI: 10.2307/1311860.
- Rist J., Rowcliffe, M., Cowlishaw, G. y Milner-Gulland, E.J.** 2008. Evaluating measures of hunting effort in a bushmeat system. *Biological Conservation*, 141(8): 2086–2099. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.06.005.
- Sirén, A., Hambäck, P. y Machoa, J.** 2004. Including spatial heterogeneity and animal dispersal when evaluating hunting: a model analysis and an empirical assessment in an Amazonian community. *Conservation Biology*, 18(5): 1315–1329. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2004.00024.x.
- Starkey, M.** 2004. Commerce and subsistence: the hunting, sale and consumption of bushmeat in Gabon. Fitzwilliam College, University of Cambridge, Cambridge, Reino Unido (tesis doctoral).
- Stoner, K.E., Vulinec, K., Wright, S.J., y Peres, C.A.** 2007. Hunting and plant community dynamics in tropical forests: a synthesis and future directions. *Biotropica*, 39(3): 385–392. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2007.00291.x.
- Tieguhong, J.C. y Zwolinski, J.** 2009. Supplies of bushmeat for livelihoods in logging towns in the Congo Basin. *Journal of Horticulture and Forestry*, 1(5): 065–080 (también disponible en: www.acadjourn.org/JHF/PDF/Pdf2009/July/Tieguhong%20and%20%20Zwolinski.pdf).
- Van der Hoeven, C.A., de Boer, W.F. y Prins, H.H.T.** 2004. Pooling local expert opinions for estimating mammal densities in tropical rainforests. *Journal for Nature Conservation*, 12(4): 193–204. DOI: 10.1016/j.jnc.2004.06.003.
- Van Vliet, N. y Nasi, R.** 2008a. Why do models fail to assess properly the sustainability of duiker (*Cephalophus* spp.) hunting in Central Africa? *Oryx*, 42: 392–399, DOI: 10.1017/S0030605308000288.
- Van Vliet, N. y Nasi, R.** 2008b. Mammal distribution in a Central African logging concession area. *Biodiversity and Conservation*, 17(5): 1241–1249. DOI: 10.1007/s10531-007-9300-5.
- Van Vliet, N., Nasi, R. y Lumaret, J.P.** 2009. Factors influencing duiker dung decay in north-east Gabon: are dung beetles hiding duikers? *African Journal of Ecology*, 47(1): 40–47. DOI: 10.1111/j.1365-2028.2007.00913.x.
- Van Vliet, N., Kaniowska, E., Bourgarel, M., Fargeot, C. y Nasi R.** 2009. Answering the call! Adapting a traditional hunting practice to monitor duiker populations. *African Journal of Ecology*, 47(3): 393–399. DOI: 10.1111/j.1365-2028.2008.00999.x.
- White, L.J.T.** 1994. The effects of commercial mechanised selective logging on a transect in lowland rainforest in the Lopé Reserve, Gabon. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 313–322. DOI: 10.1017/S0266467400007987.
- White, L.J.T. y Tutin, C.** 2001. Why chimpanzees and gorillas respond differently to logging: a cautionary tale from Gabon. En W. Webber, L.J.T. White, A. Vedder y L. Naughton-Treves, eds., *African rain forest ecology and conservation: an interdisciplinary perspective*, pp. 449–462. New Haven, EE.UU., Yale University Press.
- Wilkie, D.S., Curran, B., Tshombe, R. y Morelli, G.A.** 1998. Modeling the sustainability of subsistence farming and hunting in the Ituri Forest of Zaïre. *Conservation Biology*, 12(1): 137–147. DOI: 10.1111/j.1523-1739.1998.96156.x.
- Wright, S.J.** 2003. The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6(1–2): 73–86. DOI: 10.1078/1433-8319-00043. ◆



SECCIÓN ESPECIAL SOBRE EL AÑO INTERNACIONAL DE LOS BOSQUES los bosques para las personas



El Año Internacional de los Bosques toca a su fin. Desde su lanzamiento con ocasión del noveno período de sesiones del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, en febrero de 2011, las comunidades en todo el mundo han tenido la oportunidad de catar, examinar, respirar y destilar la esencia de la vida de nuestro planeta durante unos actos por medio de los cuales se han celebrado *los bosques para las personas*. Unasylya se complace en presentar a continuación una selección de las actividades realizadas por la FAO en el ámbito del Año Internacional de los Bosques, incluido un vistazo que enseña cómo el personal de la Organización se ha «ensuciado las manos» trabajando en labores silvícolas. El Año Internacional de los Bosques puede estar por finalizar, pero los bosques siguen formando parte del programa forestal internacional —y **los bosques son para las personas**.

©FAO/STEVE TERRILL



Las labores de una misión enviada a Rwanda se han concentrado en la vida silvestre y en el cambio climático

El Año en los materiales impresos

A comienzos de 2011, esta revista animó a sus lectores a **celebrar los bosques cada día** presentando un montaje fotográfico sobre temas relacionados con los días forestales que se festejaron a lo largo del año. Los bosques fueron el argumento que entretejió diversos días conmemorativos: el Día internacional de las personas de edad, el Día mundial de los docentes, el Día internacional de la lucha contra el uso indebido y el tráfico ilícito de drogas y el Día mundial de la creatividad y la innovación.

La novena edición bienal de *Situación de los bosques del mundo 2011*, que tiene como tema «Cambiar las vías de acción y, así, las vidas: los bosques como múltiples vías hacia el desarrollo sostenible», fue lanzada en el acto inaugural del Año Internacional de los Bosques, en febrero. En un capítulo sobre el valor local de los bosques se examinó el nexo entre los bosques y las personas. ¿Qué papel desempeña el conocimiento tradicional en la ordenación de los recursos naturales? ¿Cuánto contribuyen las empresas forestales pequeñas y medianas a los medios de subsistencia rurales? ¿Cómo pueden las políticas apoyar la ordenación forestal basada en la comunidad?

La serie de Estudios FAO: Montes prolongó con varias publicaciones la labor técnica llevada a cabo por la Organización durante el Año Internacional de los Bosques. *Guide to the implementation of phytosanitary standards in forestry* proporcionó información pública y orientaciones destinadas a afrontar las amenazas incipientes que comprometen la salud de los bosques mediante el análisis de los conocimientos fitosanitarios y ejemplos de buenas prácticas. *Reforming forest tenure – issues, principles and process* suministró a funcionarios de gobierno encargados de la elaboración de las políticas y a otros interesados en asuntos relacionados con la reforma de la tenencia forestal una panorámica holística de los problemas clave que es necesario tomar en cuenta a la hora de realizar reformas de tenencia y formuló propuestas para abordarlos. *Community-based fire management – a review* expuso el estado de los conocimientos sobre gestión de incendios adoptando un enfoque participativo en el que se toman en consideración la prevención de los incendios, la función del saber tradicional y la mitigación de los efectos del cambio climático. *Wildlife in a changing climate* investigó los efectos pasados y previsible del cambio climático en los animales silvestres y entregó información para hacer frente a estas alteraciones.



Se publicaron números especiales de Unasylya y de Situación de los bosques del mundo



El Año esculpido en madera

En octubre, en ocasión de la celebración del acto «Redescubriendo la madera: clave de un futuro sostenible» se dieron cita en Bangalore (India) 350 participantes de todas las partes del mundo y más de 3 000 miembros del público para debatir sobre la función del aprovechamiento de la madera como elemento de la vía hacia la sostenibilidad. La conferencia subrayó muy especialmente el valor estético de la madera y comprendió varias muestras y actos paralelos, además de la participación de un amplio espectro de relatores con competencias en diferentes campos.

Como conclusión del Año Internacional de los Bosques se organizó una exposición de esculturas poco corriente. Una treintena de obras de grandes dimensiones realizadas por un grupo de artistas finlandeses de Puunkuokkijat fue instalada en la FAO para que el personal de la Organización y los visitantes de paso por la Sede pudiesen admirar estas piezas grandiosas y reflexionar acerca de ellas. Los tres artistas del grupo — Kari Kärkkäinen, Matti Kurkela y Seppo Kalliokoski— comparten



Una exposición de esculturas en la Sede de la FAO en Roma

la misión común de **reintroducir el uso la madera como moderno material para la escultura.**



El personal de la FAO planta un bosque en Italia

La ordenación forestal sostenible es el tema del Año Internacional de los Bosques en Zimbabwe



El Año en la tierra

En agosto, el personal de la FAO asistió a un acto de plantación de árboles celebrado por la Comisión Forestal de Zimbabwe para estimular a los cultivadores de tabaco locales a **adoptar prácticas de ordenación sostenibles**. Francis Nhema, Ministro de Medio Ambiente y Ordenación de Recursos Naturales, fue el invitado de honor junto con otros oficiales superiores de gobierno y representantes de ONG y del sector privado, en particular personas que intervienen en la producción tabacalera.

En octubre, el personal de la FAO plantó árboles para conmemorar el Año Internacional de los Bosques. El Departamento Forestal de la FAO, junto al Cuerpo Forestal Estatal italiano, organizó en Castel Fusano (Italia) un acontecimiento al que se invitó a todo el personal de la Sede de la FAO. Además de aprender acerca de las actividades forestales y la ordenación forestal sostenible, los participantes tuvieron la oportunidad de plantar un bosque.

Miren cómo el personal de la FAO se ensucia las manos realizando actividades forestales: www.youtube.com/watch?v=SxyYh95PoQ4

El Año para la buena voluntad

En mayo, la cantautora Anggun, embajadora de buena voluntad de la FAO, visitó en Jakarta, en Indonesia, su país natal, un sitio forestal donde **debató sobre las actividades de repoblación** de las zonas afectadas por el tsunami que se produjo en 2004. Durante su visita, Anggun puso de relieve las funciones protectoras de los bosques costeros. La embajadora hizo hincapié en que el Año Internacional de los Bosques representaba una oportunidad excelente para sensibilizar tanto acerca de la importancia de los bosques para las personas y comunidades como de la necesidad de proteger dichos bosques.

En junio, Carl Lewis, embajador de buena voluntad de la FAO y corredor olímpico legendario, visitó la República Dominicana y Haití para marcar la celebración del Año Internacional de los Bosques. En Haití, las actividades de repoblación estaban en marcha para defender al país de las crecidas y flujos de lodo que suelen ocurrir al principio de la estación de los huracanes.



Los embajadores de buena voluntad de la FAO apoyan el Año Internacional de los Bosques

Para ver el video sobre el apoyo que los embajadores de buena voluntad de la FAO han brindado al Año Internacional de los Bosques, visite www.youtube.com/watch?v=M_HF5kIYV_Y



Eduardo Rojas-Briales, Subdirector General del Departamento Forestal, participa en un concierto durante el Día de la Tierra, en Roma

El Año en las canciones

En abril, a menos de un año del devastador terremoto que asoló Chile, comenzó en Santiago el festival musical Lollapalooza, que ofreció espectáculos destacados provenientes de todo el mundo. En el ámbito de las actividades del Año Internacional de los Bosques, varios músicos plantaron los primeros árboles que formaban parte de un programa de repoblación apoyado por la FAO y el Gobierno de Chile y destinado a la plantación de 20 000 árboles en Santiago.

También en abril, se celebró en Roma el cuarto concierto anual para **festejar el Día de la Tierra**. Eduardo Rojas-Briales, Subdirector General del Departamento Forestal de la FAO, se dirigió a un público de 30 000 jóvenes para referirse al Año Internacional de los Bosques y en particular a la importancia de los ecosistemas forestales para las comunidades locales y el planeta en su conjunto.

El Año en la producción en pequeña escala

Compartir productos y servicios

En ocasión del Año Internacional de los Bosques, Alemania, en estrecha colaboración con la FAO, organizó en Bonn una feria forestal internacional sobre *los bosques para las personas*, tema central del Año. El acto —los Días Forestales Internacionales de Bonn— tuvo lugar del 6 al 9 de octubre de 2011 en un mercado central cercano a la catedral de esa ciudad. Su propósito era servir de escaparate para mostrar productos y servicios forestales provenientes de todos los lugares del mundo. Los visitantes pudieron disfrutar de espectáculos relacionados con los bosques y conocer las múltiples funciones desempeñadas por estos. Numerosos expositores de Alemania y otros diez países que representaban todas las regiones del globo suministraron productos para ver, degustar y ensayar. Los visitantes pudieron masticar caucho bruto, beber un sorbo de cerveza elaborada con agua procedente de la Selva Negra, acariciar mapaches y probar cosméticos fabricados a partir de plantas forestales tropicales. Los grupos de pequeños productores que cuentan con el apoyo de la FAO, originarios de Burkina Faso, el África central, la República Democrática Popular Lao y Nepal, demostraron en sus tenderetes la forma en que en las localidades las personas **logran obtener ingresos gracias a bosques que están sometidos a régimen de ordenación sostenible**. Los productores-expositores y el público compartieron informaciones sobre el papel que juegan los bosques, la conservación de la biodiversidad y las nuevas tecnologías utilizadas en la producción de productos forestales.



Una productora de Burkina Faso exhibe su mercancía en los Días Forestales Internacionales de Bonn



FAO/M. FERRI

Aprovechando las oportunidades

Los estandartes del Año Internacional de los Bosques que han adornado la parte sur de la Sede de la FAO en Roma han encontrado un nuevo uso. Gracias a una iniciativa encabezada por Sergio Ferrara, funcionario de la FAO, y en estrecha colaboración con Ora d'Aria, una asociación italiana que persigue ofrecer oportunidades laborales a las personas que viven en aislamiento, en particular en las cárceles, las detenidas de un penitencinario femenino local recortaron los estandartes y con los retazos confeccionaron bolsos. Las mujeres han aprovechado esta ocasión para ganar dinero con sus trabajos y practicar un oficio que facilitará su reinserción social en el futuro.

Las detenidas de un penitencinario femenino italiano han cosido en bolsos los estandartes del Año Internacional de los Bosques



ACTIVIDADES FORESTALES DE LA FAO

El desarrollo sostenible y el cambio climático se abordan en la segunda Semana Forestal del Mediterráneo

La Segunda Semana Forestal del Mediterráneo, organizada por la Oficina Regional para el Mediterráneo del Instituto Forestal Europeo y *Silva Mediterranea* (FAO) en conjunto con varios otros socios clave, fue celebrada del 5 al 8 de abril de 2011 en Aviñón (Francia) con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Alimentación, Pesca, Política Rural y Desarrollo Local de Francia, la región Provenza-Alpes-Costa Azul y el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

El acto formaba parte del programa del Año Internacional de los Bosques 2011, y entre los participantes había agentes que trabajan en la ordenación de los ecosistemas forestales de la zona mediterránea.

En la sesión plenaria y en otras sesiones paralelas se abordó el papel que juegan los bosques en el desarrollo sostenible de los territorios mediterráneos, y las repercusiones del cambio climático en las estrategias de prevención de los incendios de bosque y los recursos clave como el agua. Durante las sesiones, los principales interesados involucrados en la gestión de fuegos de bosque aprobaron un documento expositivo sobre prevención de incendios forestales en el Mediterráneo. El documento fue presentado en la Quinta Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales, que fue celebrada en Sudáfrica en mayo de 2011 (véase la página 60). Los socios también aprobaron un calendario preciso para la extensión a Argelia, Libano, Marruecos, la República Árabe Siria y Túnez del Sistema europeo de información sobre incendios forestales.

Los actos más destacados de las sesiones y reuniones incluyeron la gobernanza forestal en la región del Mediterráneo; las interacciones entre los recursos hídricos y los bosques; la reunión anual de la Oficina Regional para el Mediterráneo del Instituto Forestal Europeo; la asamblea general de ArcMED, y un seminario científico intitulado Biodiversidad de los ecosistemas forestales mediterráneos: cambiar el paradigma de la conservación.

La Secretaría del Comité sobre Cuestiones Forestales del Mediterráneo, *Silva Mediterranea*, organizó varias reuniones reglamentarias y temáticas. La reunión anual del Comité ejecutivo ampliado de *Silva Mediterranea* fue copresidido por el Sr. Eduardo Rojas-Briales, Subdirector General del Departamento Forestal de la FAO, y por el Sr. Spas Todorov, de Bulgaria, Presidente de *Silva Mediterranea*.

Tres sesiones sobre Bosques, sociedades y territorios, dedicadas a fomentar el intercambio de experiencias transectoriales en materia de gobernanza forestal, condujeron a la formulación de las siguientes recomendaciones:

- Mejorar la base de conocimientos sobre el contexto territorial, los recursos forestales, los servicios de los ecosistemas forestales y los riesgos y oportunidades, incluyendo en dicha base el factor «cambio climático» (impacto, potencial de mitigación, opciones de adaptación).
- Promover los enfoques intersectoriales y la inclusión de la ordenación forestal en los proyectos locales a largo plazo.
- Recurrir desde un comienzo a la participación de los interesados locales, en particular las instancias decisorias locales (respaldo



Segunda Semana Forestal del Mediterráneo, Aviñón (Francia)

político) y la administración (congruencia con las actividades y presupuestos actuales, apoyo financiero).

- Definir el área del proyecto de acuerdo con el contexto social, político-administrativo, geográfico y ecológico.
- Consagrar suficiente tiempo y recursos humanos y financieros al proceso de aprendizaje que deriva de las operaciones de desarrollo territorial, en particular en lo que se refiere a las actividades en curso y la comunicación.
- Evaluar los beneficios que producen los ecosistemas forestales y los costos de ordenación conexos. Identificación de los beneficiarios. Elaboración de mecanismos de financiación sostenibles.
- Desarrollar, perfeccionar y adaptar las herramientas destinadas a la aplicación de enfoques colectivos (incluidos los enfoques prospectivos) con vistas a la elaboración de visiones, estrategias y programas conjuntos de acción.
- Ensayar, evaluar y diseñar instrumentos y métodos (jurídicos y económicos) de medición para la puesta en práctica de programas de acción adoptados colectivamente.
- Desarrollar y organizar redes y difundir las experiencias adquiridas en las áreas mediterráneas.
- Aclarar y reforzar los vínculos entre los procesos de consulta y adopción de decisiones.

La Semana Forestal del Mediterráneo —celebrada por primera vez en Antalya (Turquía) en 2010— es un plataforma excepcional que permite intensificar el diálogo entre miembros de la comunidad de investigadores forestales del Mediterráneo, encargados de las políticas y partes interesadas, y transmitir a la comunidad internacional y a la sociedad en general la relevancia y los retos relacionados con los bosques mediterráneos.

La Tercera Semana Forestal del Mediterráneo será albergada por Argelia en 2013.

Para más informaciones sobre este acontecimiento, véase el boletín de *Silva Mediterranea* en www.fao.org/forestry/silvamed/es/, o www.efimed.efi.int/portal/events/mfw2011



Wildfire 2011 se cimienta en la cooperación mundial

La Quinta Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales "Wildfire 2011" fue celebrada del 9 al 13 de mayo de 2011 en Ciudad del Sol, Parque Nacional Pilanesberg (Sudáfrica). La conferencia fue convocada por AfriFireNet, la Red Subsahariana de Incendios Forestales, y contó con el financiamiento del Gobierno de Sudáfrica. La conferencia estuvo bajo los auspicios de la Estrategia internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas y la FAO y fue organizada conjuntamente con la tercera sesión de la Plataforma Global para la Reducción de Desastres, que tuvo lugar en Ginebra (Suiza).

Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas, pronunció la declaración de apertura de la conferencia ante 500 delegados provenientes de 61 países. Con palabras de encomio, el Secretario General se refirió a los esfuerzos de los especialistas en incendios de todo el mundo para crear un espíritu de colaboración global necesario para abordar el papel del fuego en el medio ambiente mundial y las repercusiones de los incendios en la sociedad.

En sus sesiones técnicas, la conferencia trazó una panorámica holística de la gestión del fuego, incluida la gestión comunitaria del fuego y el fuego y el alivio de la pobreza. Los participantes manifestaron su preocupación ante el aumento mundial de los incendios de bosque, un fenómeno que, por la severidad de sus consecuencias en las comunidades, el ambiente y la economía, en muchos casos no tiene precedentes en la época moderna.

Uno de los actos cumbre de la conferencia fue una muestra celebrada en ocasión de un día de campo en la reserva de caza de Pilanesberg. Los bomberos sudafricanos —hombres y mujeres—, especializados en la extinción de incendios forestales y miembros de ocho brigadas selectas del Programa Working on Fire (WoF), hicieron una demostración de sus pericias domando un incendio de bosque con el apoyo de aviones cisterna y helicópteros. El programa es financiado por el Gobierno de Sudáfrica y constituye una de las iniciativas más exitosas para el alivio de la pobreza, la creación de empleo y el sostén de las comunidades.

La FAO proporcionó su apoyo para la elaboración de varios documentos de la conferencia; dos de ellos eran documentos de plenaria. En uno se ponía de relieve el potencial y la necesidad de que los programas de REDD+ incluyesen un componente relacionado con la gestión del fuego. En el otro, que estudiaba los megaincendios,

Wildfire 2011. Ciudad del Sol, Parque Nacional Pilanesberg (Sudáfrica)



WILDFIRE 2011.11.22B. SUTHERLAND



WILDFIRE 2011.11.22B. SUTHERLAND

Wildfire 2011. Ciudad del Sol, Parque Nacional Pilanesberg (Sudáfrica)

se indicaba que el número de estos incendios podría aumentar por efecto del cambio climático, y que para afrontar las situaciones de emergencia a que dan lugar los fuegos es menester llevar a cabo acciones de preparación encaminadas a la ordenación del bosque y del paisaje.

La conferencia llegó a la conclusión de que la cooperación internacional y el refuerzo de la ciencia sobre los incendios forestales y las técnicas para su gestión son elementos clave para frenar el incremento del número de estos siniestros. Las recomendaciones de la conferencia contienen un llamamiento para, entre otras cosas:

- Intensificar los esfuerzos orientados a la gestión de los incendios en zonas que son objeto de preocupación, a saber, terrenos contaminados por la radiactividad, terrenos que contienen municiones explosivas sin detonar, terrenos donde existen minas terrestres y depósitos de productos químicos, en particular en las regiones afectadas por la precipitación radiactiva como Chernóbil (1986) y Fukushima (2011); la puesta en seguridad de los ecosistemas de turbera y humedales propensos al drenaje y a la desecación debida al clima (Federación de Rusia, 2010); y la quema innecesaria de tierras de cultivo y de barbecho y otros terrenos.
- Aumentar el compromiso de la sociedad civil para la gestión de los incendios gracias a iniciativas participativas de quemaduras controladas (gestión de incendios de base comunitaria) con el propósito de mejorar los medios de subsistencia y la salud de las poblaciones locales, y promover la acción de los grupos de voluntarios que asisten a las autoridades estatales en la lucha contra los incendios en zonas rurales. Se recomendó además organizar una conferencia internacional sobre la gestión de incendios de base comunitaria antes de la celebración de la próxima Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales.
- Generalizar la aplicación y adaptación de procedimientos avanzados para la gestión de incendios bajo condiciones locales: aplicación de las Directrices voluntarias para la gestión de incendios de la FAO, la OIMT y la OMS/PNUMA; adoptar a escala mundial el sistema de mando para la gestión de incidentes; integrar los principios y herramientas para la gestión de incendios forestales en el sistema REDD+; y reconocer que la gestión de incendios debe formar parte de la ordenación de tierras.



- Sistematizar la aplicación de técnicas avanzadas a la ciencia y la gestión de los incendios forestales haciendo especial uso de los dispositivos satelitales de observación terrestre, de observaciones y pronósticos meteorológicos y de modelos climáticos.
 - Promover los acuerdos bilaterales y multilaterales/regionales de cooperación en materia de gestión de incendios forestales y de asistencia mutua para las situaciones de emergencia que derivan de los incendios forestales.
 - Intensificar la participación de las seis comisiones forestales regionales de la FAO y de las Plataformas nacionales para la reducción del riesgo de desastres con vistas a la aplicación de los principios de las directrices sobre la gestión de los incendios y el Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.
- En respuesta al cambio climático mundial, y considerando que el recalentamiento mundial aumenta la frecuencia y gravedad de los incendios forestales, y que el recalentamiento intensifica las repercusiones de los fuegos en la sociedad, la conferencia también recomendó:
- elaborar, desde el nivel nacional hasta el nivel internacional, políticas y estrategias de mitigación, adaptación y protección relacionadas con los incendios;
 - integrar la gestión sobre incendios en el manejo del paisaje;
 - proporcionar apoyo a los países para la realización de evaluaciones sobre gestión de incendios y la formulación de marcos y estrategias jurídicos afines; crear capacidades e instituciones sostenibles en materia de incendios, y elaborar planes para la gestión de incendios y el desarrollo de los recursos humanos.
- La Sexta Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales, que se celebrará en 2015, será albergada por la República de Corea. Todos los documentos de la conferencia patrocinados por la FAO y/o sobre las actividades de gestión sobre incendios de la FAO han sido recolectados bajo el título:
- FAO.** 2011. *FAO at the 6th International Wildland Fire Conference.* FAO Fire Management Working Paper No. 27. Roma (también disponible en www.fao.org/docrep/014/am663e/am663e00.pdf).
- La versión completa de la declaración de la conferencia se puede consultar en: www.wildfire2011.org/docs/10-Wildfire-2011-Conference-Statement.pdf/

La política forestal comunitaria de Gambia recibe un galardón



CONSEJO PARA EL FUTURO DEL MUNDO

Los Premios de políticas futuras 2011 son anunciados en Nueva York (Estados Unidos de América): H.E. James Kimonyo, embajador de la República de Rwanda en los Estados Unidos de América; Carl Lewis, legendario corredor olímpico y Embajador de buena voluntad de la FAO; H.H. Jato S. Sillah, Ministro de Bosques y Ambiente de Gambia

Gambia, con el apoyo de la FAO y de otros asociados para el desarrollo, elaboró y puso en ejecución la primera política y legislación africana destinadas a proporcionar a las poblaciones locales derechos seguros y permanentes en materia de propiedad forestal. Gracias a la transferencia de los derechos de tenencia de tierras forestales, antes propiedad del Estado, a la gestión por las comunidades locales, las comunidades han conseguido reducir la explotación forestal ilegal, los fuegos forestales y la desertificación y sacar beneficios del aprovechamiento de los productos forestales. Las comunidades han creado grupos de productores cuyos ingresos que derivan de la ordenación de los bosques. Más de 350 aldeas llevan a cabo la ordenación del 12 por ciento de los bosques del país; durante los últimos 20 años la cubierta forestal ha aumentado en 8,5 por ciento. La meta es que, para 2016, cerca de la mitad de los bosques de Gambia esté bajo régimen de ordenación comunitaria.

La estimulante e innovadora política forestal de Gambia ha sido reconocida recientemente por el Consejo para el Futuro del Mundo, el cual ha concedido el galardón de plata de los Premios de políticas futuras 2011 a la política forestal comunitaria de Gambia. El anuncio de los premios tuvo lugar en Nueva York (Estados Unidos de América) en septiembre, y seguidamente la ceremonia de presentación de galardones fue celebrada en octubre, en Bonn (Alemania). Carl Lewis, legendario corredor olímpico y Embajador de buena voluntad ante la FAO, dijo: «El enfoque centrado en las personas adoptado en Gambia ha tenido pleno éxito, y es un modelo que debería ser reproducido en otros países que tienen un medio ambiente forestal similar.»

El Consejo para el Futuro del Mundo es un grupo de promoción política con sede en Hamburgo (Alemania). Fue creado específicamente para encontrar soluciones políticas a los desafíos mundiales. Las informaciones sobre el Premio de políticas futuras y los nombres de los ganadores de 2011 y sobre el Consejo para el Futuro del Mundo y sus actividades se pueden encontrar en <http://www.worldfuturecouncil.org/events.html>

“

El éxito de la política forestal comunitaria de Gambia demuestra que cuando existen políticas y un marco jurídico idóneos las poblaciones rurales pueden, incluso en los países más pobres del mundo, sacar beneficios económicos de los bosques, reforzar su seguridad alimentaria y mejorar considerablemente el medio ambiente. La experiencia de Gambia ha probado que el desafío planteado por la silvicultura sostenible puede ser vencido gracias a la buena disposición del gobierno para potenciar a las poblaciones locales.

”

Eduardo Rojas-Briaies, Subdirector General del Departamento Forestal de la FAO



El Comité Asesor sobre el Papel y los Productos Madereros analiza la función desempeñada por la FAO en sectores clave

El Departamento Forestal de la FAO y el Consejo Internacional de Asociaciones Forestales y Papeleras celebraron en Montebello (Canadá), del 23 al 25 de mayo de 2011, la 52ª reunión consultiva del Comité Asesor de la FAO sobre el Papel y los Productos Madereros (CAPPM). Cuarenta y cinco participantes procedentes de 17 países se congregaron para debatir asuntos vinculados al desarrollo sostenible de las industrias forestales, al cambio climático y los gases de efecto invernadero y a la relación de estos con la dendroenergía.

El Comité expresó su sólido apoyo a la colaboración con la FAO, y solicitó a la Organización llevar a cabo, durante el período 2011 a 2012, nuevos trabajos en tres áreas principales. Primeramente, la FAO debería continuar suministrando información y análisis para la elaboración de políticas racionales sobre el cambio climático pertinentes para la industria forestal. En segundo lugar, en el ámbito de las actividades preparatorias para Río+20, se pidió a la FAO destacar la contribución de la industria de los productos forestales a la economía verde. Por último, el Comité solicitó a la FAO examinar la idea de organizar un proceso en virtud del cual la industria y la comunidad conservacionista pudiesen apoyar el compromiso continuado de los industriales de perfeccionar la ordenación forestal sostenible.

El CAPPM es un órgano estatutario de la FAO integrado por ejecutivos superiores de la industria privada mundial. El Comité se reúne cada año con el objetivo esencial de ofrecer orientaciones



Reunión de la CAPPM, Montebello (Canadá)

relacionadas con las actividades y el programa de trabajo del Departamento Forestal de la FAO sobre asuntos que tienen que ver con la industria de los productos forestales y el papel, con la finalidad de respaldar los esfuerzos de los Estados miembros para lograr el desarrollo sostenible. El 53º período de sesiones del CAPPM se celebrará en Nueva Delhi (India) del 23 al 25 de mayo de 2012 junto con la reunión anual del Consejo Internacional de Asociaciones Forestales y Papeleras.

Para mayores informaciones sobre el CAPPM y sus actividades, sírvase visitar el sitio: <http://www.fao.org/forestry/industries/9530/es/>

Las partes interesadas se congregan en Roma con ocasión de la celebración de la Reunión de expertos sobre gobernanza de los bosques y REDD+

El Programa ONU-REDD, Chatham House, la FAO y el Banco Mundial celebraron, en la Sede de la FAO en Roma el 19 y 20 de mayo de 2011, la Reunión de expertos sobre gobernanza de los bosques y REDD+. La reunión congregó a variados participantes, entre los que se contaban funcionarios de gobierno de países donantes y de países receptores interesados en los bosques y la gobernanza relacionada con REDD+, expertos pertenecientes a institutos internacionales y universidades, organizaciones de la sociedad civil nacionales e internacionales y el sector privado.

La reunión perseguía estimular el suministro de informaciones y la evaluación de REDD+ y la gobernanza forestal. Con este fin, se presentaron dos nuevas guías destinadas a asistir a los profesionales: el Marco para la evaluación y seguimiento de la gobernanza de los bosques —fruto del Simposio de Estocolmo sobre indicadores de gobernanza forestal de 2010, dirigido por el Banco Mundial y la FAO—, y el borrador de las Orientaciones para la provisión de información sobre la gobernanza relacionada con REDD+, elaborado por ONU-REDD y Chatham House. Las dos guías ofrecen una orientación coherente y complementaria que informa sobre REDD+ y la gobernanza forestal a partir de la experiencia práctica y las iniciativas en marcha en este campo.

En las sesiones de exposición se presentaron los propios dos documentos, se describió la relación que existe entre ambos y la forma en que los documentos podían ser usados de modo complementario. Los participantes tuvieron la oportunidad de formular comentarios y preguntas.

Un tema clave de la reunión fue el examen, en términos más generales, de las necesidades en materia de información sobre gobernanza de las distintas partes interesadas, en especial gobiernos, el sector privado y las comunidades locales. Los puntos de vista de los usuarios se analizaron durante las reuniones de

trabajo, y en un debate aparte se puso de relieve el trabajo llevado a cabo por los gobiernos y las organizaciones de la sociedad civil, averiguándose cómo podían los documentos ser útiles para las respectivas actividades de estos. Por ejemplo, Filippo del Gatto, de Madera Verde (Ecuador) y Testigo Global, explicó la forma en que el Marco para la evaluación y seguimiento de la gobernanza de los bosques podía ayudarle en su trabajo, en el Ecuador, con el Proyecto PRO-FORMAL del Centro de Investigación Forestal Internacional, y específicamente en la búsqueda de elementos identificables («subcomponentes») de la economía política local y la gobernanza de la cadena productiva, y en el diseño de indicadores para el análisis y medición de esos subcomponentes.

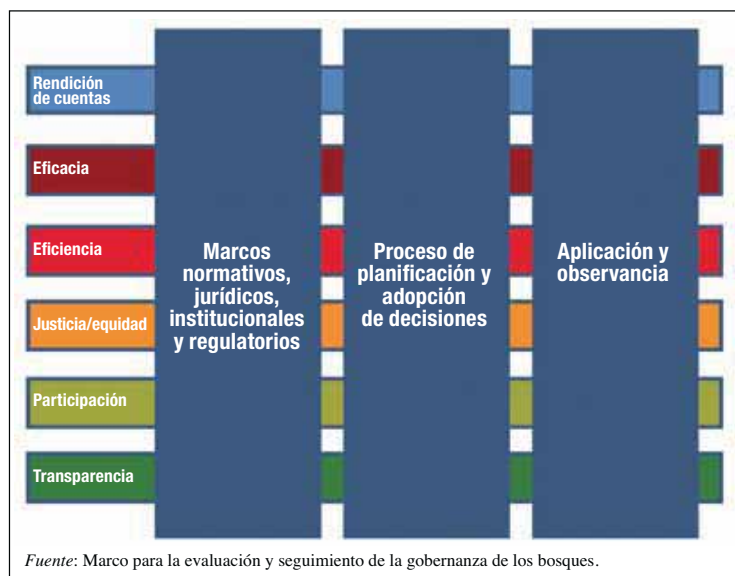
Los resultados de la reunión fueron los siguientes:

- Los documentos representan, para todos los interesados, una contribución significativa a la formulación de un lenguaje y conceptos comunes con los cuales se puede evaluar y presentar la información sobre la gobernanza.
- Los documentos tienen una amplia gama de aplicaciones, desde la promoción hasta las reformas tuteladas por el gobierno.
- La competencia, creada por un proceso participativo, será un elemento clave en la aplicación eficaz de los documentos.
- Ya existen varias oportunidades para el uso temprano de los documentos: en las evaluaciones participativas sobre la gobernanza en materia de REDD+, en los cursillos electrónicos de formación organizados por la Organización Internacional de Derecho del Desarrollo, en los mecanismos de aplicación de las leyes, la gobernanza y el comercio forestales de la Unión Europea y REDD+, en los programas forestales nacionales y en el Proyecto de política forestal, educación e investigación económica del Instituto Forestal Europeo.
- Los participantes formularon a los organismos principales las siguientes recomendaciones:

- > proseguir la elaboración de los documentos, incluida su difusión y comunicación (p. ej., a través de una red electrónica y/o un sitio Web);
- > proseguir el análisis de las sinergias que existen entre diversas iniciativas, y estimular el uso coordinado de las herramientas ya disponibles;
- > organizar una «comunidad de profesionales» para recoger y compartir informaciones sobre mejores prácticas en el ámbito nacional;
- > apoyar las acciones que se llevan a cabo dentro del país mediante la formación, la creación de capacidades y las aplicaciones piloto.

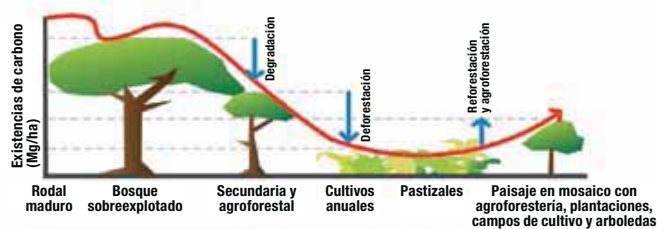
Marco para la evaluación y seguimiento de la gobernanza de los bosques: www.fao.org/docrep/014/i2227e/i2227e00.pdf

Borrador de las Orientaciones para la provisión de información sobre la gobernanza relacionada con REDD+: www.unredd.net/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=5336&Itemid=53



Fuente: Marco para la evaluación y seguimiento de la gobernanza de los bosques.

Pilares y principios de la buena gobernanza de los bosques



C1	Sistemas de producción de pequeños agricultores y pequeños mercados				
C2	Ordenación y conservación de recursos de bosques y árboles				
C3	Ordenación del paisaje para la protección de los servicios medioambientales, la conservación de la biodiversidad y los medios de vida				
C4	Adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos				
C5	Repercusiones del comercio y las inversiones en los bosques y las personas				

Fuente: Programa de investigación del GCIAI.

Componentes del CRP6 siguiendo la curva de transición del uso del bosque y la tierra

Presentación del CRP6, un nuevo enfoque en materia de investigación forestal

Una iniciativa está lista para influenciar la ordenación de 1 800 millones de hectáreas de bosque. El Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAI) ha incluido los bosques y los árboles en su nueva cartera de investigación y ha designado al Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) organismo encargado de dirigir las actividades en esta área. El título que designa el programa de investigación número 6 (CRP6) del GCIAI es «Árboles, bosques y agroforestería: medios de vida, paisajes y gobernanza». Participan en el CRP6 tres centros asociados: Bioersivity International, el Centro internacional de agricultura tropical (CIAT) y el Centro Mundial de Agrosilvicultura. El programa se basa en la investigación mundial comparada y persigue beneficiar a muchos millones de entre las personas más pobres del mundo.

El objetivo de la iniciativa es el 46 por ciento de la cubierta forestal mundial, 1 300 millones de hectáreas de bosque cerrado y 500 millones de hectáreas de bosque abierto y fragmentado. Se prevé que gracias a la iniciativa:

- se logre rescatar de la deforestación entre 0,5 y 1,7 millones de hectáreas de bosque cada año;
- se adopten en 9,3 a 27,8 millones de hectáreas de bosque bajo ordenación prácticas ecológica y socialmente sostenibles para la producción y la ordenación;
- se consiga reducir en entre 0,16 y 0,68 Gt de CO₂ al año las emisiones de carbono.

Las investigaciones tendrán por objetivo proporcionar beneficios a aproximadamente 500 millones de personas que, en África, América Latina y Asia sudoriental, viven dentro o en las cercanías de los bosques. Las investigaciones contribuirán a:

- ofrecer mejores opciones relacionadas con la producción y la gestión a al menos 3 millones de productores y comerciantes y a sus familias;
- intensificar la conservación de la diversidad arbórea, con beneficios para al menos 2 millones de productores;
- la adopción de técnicas de producción y de gestión que permitan incrementar la productividad de los grupos beneficiarios en al menos el 50 por ciento;

- por lo menos duplicar los ingresos que derivan para los hogares destinatarios de los productos forestales y agroforestales;
- aumentar la financiación de los programas de adaptación al cambio climático, con beneficios para otros 60 millones de personas;
- incrementar la concesión de créditos REDD+ por un valor que oscilará entre los 108 y los 2 695 millones de dólares EE.UU. al año;
- aumentar considerablemente el acceso de las mujeres a los beneficios que derivan de los bosques.

Los bosques tropicales son el tema del programa de la Cumbre de las tres cuencas de bosques tropicales

La importancia de la contribución de los bosques tropicales a los medios de vida de las poblaciones y a la conservación de la biodiversidad es bien conocida. Tres zonas de selva tropical (la cuenca del Amazonas, la cuenca del Congo y los bosques del Asia sudoriental) representan el 80 por ciento de los bosques tropicales del mundo y albergan dos tercios de la biodiversidad terrestre. Los países que comparten estos recursos hacen frente a desafíos similares en sus esfuerzos para encontrar un justo equilibrio entre la conservación de la biodiversidad forestal, la mitigación de los efectos del cambio climático y el desarrollo económico y social. Para superar dichos desafíos es esencial que exista una sólida cooperación entre ellos.

Jefes de Estado o sus representantes presentes en la Cumbre



BUREAU DE BRAZZAVILLE



La primera propuesta en este sentido data de 2006 y fue hecha en Bali (Indonesia) por el Gobierno de la República del Congo; siguió, en 2010, una segunda propuesta, también formulada en Bali, del Gobierno de la República de Indonesia. Para llevar las proposiciones a la práctica —y hacer un balance de lo que está sucediendo en los bosques tropicales de estas regiones cruciales e impulsar la ordenación sostenible de sus bosques— fue celebrada en la República del Congo la Cumbre de las tres cuencas de bosques tropicales. La Cumbre también fue hospedada por la República del Congo.

En el período previo a la Cumbre se tomó contacto con tres organismos de las Naciones Unidas, a los que se dio encargo de producir los documentos de antecedentes. A la FAO y a la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) se les pidió preparar una publicación sobre la situación de los bosques en el Amazonas, la cuenca del Congo y el Asia sudoriental; a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) se le solicitó elaborar el borrador de un acuerdo de cooperación, y al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) le fue encomendado presentar el borrador para la declaración de la Cumbre. En *Situación de los bosques de la cuenca del Amazonas, la cuenca del Congo y Asia sudoriental* se hace hincapié en que el valor potencial de muchos bienes y servicios que provienen de la pluviselva tiene, a todas luces, más peso que los beneficios que pudiesen obtenerse de casi cualquier otra forma de uso de la tierra. «El valor de los servicios que derivan de los bosques tropicales... podría llegar a varios miles de dólares por hectárea», escribieron Eduardo Rojas-Briales, Subdirector General del Departamento Forestal de la FAO, y Emmanuel Ze Meka, Director Ejecutivo de la OIMT.

La Cumbre fue celebrada en Brazzaville del 29 de mayo al 3 de junio de 2011. Participaron en ella cerca de 600 personas, incluidos jefes de Estado o sus representantes, ministros y los medios de comunicación. La Cumbre comprendió tres series de sesiones: una de expertos, una de ministros y una de presidentes. Las organizaciones participantes hicieron exposiciones que tenían por tema los asuntos relativos al desarrollo forestal, comprendido REDD+ y el alivio de la pobreza, la economía verde y los mecanismos innovadores para financiar la ordenación forestal sostenible. Las ponencias estuvieron orientadas a facilitar un entendimiento común de los problemas críticos y de las oportunidades y retos que enfrentan los países de las tres cuencas de bosques tropicales.

El borrador de la declaración fue examinado en la serie de sesiones de expertos. Una versión actualizada de la declaración fue presentada para su análisis y finalización en la serie de sesiones de ministros. Esta versión fue comunicada seguidamente a la sesión presidencial, donde fue aprobada por los jefes de Estado o sus representantes.

Los delegados admitieron que era necesario proseguir las consultas entre países antes de que el borrador de acuerdo de cooperación pudiese ser sometido a debate y procediese a ser refrendado.

Los jefes de Estado o sus representantes convinieron en tomar medidas concretas para estimular el diálogo y la cooperación entre los países y autorizaron a este efecto a sus ministros de bosques para preparar un plan de acción. Bajo la dirección de la República del Congo y con la participación de la República de Indonesia y la República de Guyana y el apoyo técnico de algunos organismos de las Naciones Unidas y el WWF fue creado el Bureau de Brazzaville, que es un comité de seguimiento. El Bureau tiene el mandato de

ultimar la redacción del borrador del acuerdo de cooperación tomando en cuenta los comentarios de los expertos y conseguir el sostén de los países para la adopción, a más tardar en la Cumbre Río+20, del mencionado acuerdo.

H.E. Bharrat Jagdeo, Presidente de la República de Guyana, fue nombrado embajador de buena voluntad para las tres cuencas de bosques tropicales.

Para más informaciones sobre la Cumbre y sus documentos de antecedentes, véase www.3bassinsforestiers.org/en/

En la primera Semana de las zonas áridas de África se averigua cuál es el potencial en materia de desarrollo

“ Los árboles en las zonas áridas son el sostén de la tierra; y han llegado a significar la diferencia entre vivir en la pobreza extrema y disponer de medios de subsistencia sostenibles. ”

Luc Gnacadja, Secretario Ejecutivo de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación

La primera Semana de las zonas áridas de África fue celebrada del 10 al 17 de junio de 2011 en Dakar, en paralelo a la conmemoración universal, el 17 de junio, del Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. El tema del evento fue «Hacia el logro de una visión y una alianza mundiales sobre las tierras sostenibles y la gestión del riesgo climático en beneficio de la Iniciativa del Sahara y el Sahel». La primera Semana de las zonas áridas del África representó una contribución al Año Internacional de los Bosques y al Decenio de las Naciones Unidas para los Desiertos y la Lucha contra la Desertificación.

El acto fue organizado por la Comisión de la Unión Africana, el Instituto de la Tierra de la Universidad de Columbia, la Unión Europea, la FAO, el Gobierno del Senegal, el Centro para los Objetivos de Desarrollo del Milenio para el África occidental y central, la Secretaría de las Naciones Unidas de la Convención de Lucha contra la Desertificación y Wallonie-Bruxelles International. Más de 17 asociados y más de 200 científicos, especialistas técnicos, agentes de desarrollo, ONG, encargados de las políticas y donantes se reunieron para examinar los desafíos planteados por la degradación de las tierras, la desertificación, el cambio climático y la pobreza en la región circunsahariana.

Los problemas relativos a la desertificación y los proyectos en el terreno fueron ilustrados mediante viajes de observación. Un itinerario llevó a los participantes a las regiones de Kébemer, Linguere y Louga para visitar varios sitios de proyectos. Entre estos figuraba el proyecto de fijación de dunas y de gestión de dunas para el fomento del turismo, que está siendo ejecutado por el Servicio Forestal del Senegal en asociación con ONG y organizaciones del sector privado, y el proyecto Operación Acacia (véase el recuadro, pág. 66), que la FAO está llevando a cabo con algunos asociados senegaleses como el Servicio Forestal, los grupos de mujeres locales, el sector privado y las comunidades locales.

Durante la Semana se celebraron sesiones plenarias y tertulias de café informales, además de grupos de trabajo. Entre los temas abordados cabe mencionar los siguientes:



FAO/R. FAIDUTTI

Un campesino cultiva frijoles en torno a una Acacia senegal

resinas naturales en África, y con la financiación del Gobierno de Italia por medio del Fondo Fiduciario para la Seguridad Alimentaria y la Inocuidad de los Alimentos, implantó con éxito el proyecto Operación Acacia. El objetivo era respaldar en los mencionados países —que son productores de gomas y resinas— las acciones en favor de la seguridad alimentaria, el alivio de la pobreza y el control de la degradación de los suelos en las zonas áridas. El enfoque adoptado consistió en reforzar las capacidades de los países para afrontar estos problemas gracias a la mejora y la restauración del sistema agrosilvopastoril y el desarrollo sostenible del sector de las gomas y resinas.

Los logros del proyecto han sido numerosos. Un total de 13 240 ha de Acacia han sido restauradas. Se han establecido sistemas agrosilvopastoriles y la producción de gomas y resinas se ha incrementado. Las capacidades de las personas de la localidad han sido potenciadas mediante un programa intensivo para el uso y la aplicación de la tecnología, el establecimiento de viveros y la producción vegetal, la producción agrícola y la explotación y elaboración de gomas y resinas. El intercambio de información, la capacitación, la transferencia de tecnología y el control de calidad de estos productos fueron mejorados tras el refuerzo de la organización y administración de la Red. Un programa decenal destinado a los países productores de gomas y resinas fue elaborado.

Para más informaciones, se ruega visitar el sitio <http://www.fao.org/forestry/aridzone/62998/es/>

- rehabilitación de tierras degradadas y lucha contra el avance de las arenas en las zonas áridas;
- la ciencia y la práctica del «enverdecimiento» del Sahel;
- las pequeñas y medianas empresas: la cadena de valor de los productos procedentes de las tierras de secano;
- iniciativas y procesos relacionados con la ordenación sostenible de las tierras (como contribución a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, al Convenio sobre la Diversidad Biológica y a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación).

Cimentándose en anteriores experiencias exitosas realizadas en el África en el plano local, nacional y regional, los participantes reafirmaron durante las sesiones que los esfuerzos encaminados a hacer frente a los retos actuales y futuros deben comprender la creación de una alianza panafricana. La alianza debería incluir estrategias de reducción de la pobreza basadas en los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Las estrategias deberían orientarse a la transformación de los medios de vida y el ambiente locales por medio de la aplicación de mejores prácticas tales como la regeneración natural gestionada por los agricultores y otros sistemas agrosilvopastoriles dirigidos por la comunidad local; la rehabilitación y restauración de bosques y tierras degradados; la ordenación integrada de tierras y aguas; la fijación de dunas de arena, y las actividades forestales urbanas periurbanas.

La primera Semana de las zonas áridas de África demostró la existencia de un renovado espíritu de solidaridad y unidad en toda la

Gomas, resinas y medios de vida

Los países del Sahel se han visto gravemente afectados por la sequía y la desertificación, fenómenos que han tenido repercusiones adversas en sistemas productivos importantes tales como la cría del ganado, la agricultura y los bosques.

Las especies productoras de gomas pertenecen generalmente al género Acacia, que está distribuido por todo el continente africano y en particular en las zonas áridas y semiáridas. Además de las gomas, el pienso y la leña que producen, las especies de Acacia contribuyen a crear condiciones favorables para la agricultura, porque, debido a su efecto amortiguador de los acontecimientos climáticos extremos y a su aptitud para restaurar la fertilidad de los suelos, protegen los cultivos de las lluvias intensas y la erosión eólica.

La FAO, en colaboración con sus asociados en Burkina Faso, Chad, Kenya, Níger, Senegal y Sudán y la Red para las gomas y

“ Los efectos combinados de la degradación de las tierras, la deforestación y el agotamiento de los suelos son especialmente graves en las tierras áridas y semiáridas. Tales efectos son impulsados por la sobreexplotación de los bosques, árboles, arbustos y tierras de pastoreo, la inadecuada ordenación de los recursos de tierras y aguas, además de por la pobreza y las escasas oportunidades de desarrollo, y son exacerbados por el cambio climático. ... Sin embargo, las experiencias exitosas han sido muchas y representan una excelente base para acciones futuras. ”

Extracto de la declaración de los participantes en la primera Semana de las zonas áridas de África

región circunsahariana. Los participantes recomendaron organizar una segunda Semana de las zonas áridas de África para mantener el compromiso y el dinamismo que permitirán transformar estos ecosistemas durante el Decenio de las Naciones Unidas para los Desiertos y la Lucha contra la Desertificación.

Para más informaciones sobre la primera Semana de las zonas áridas de África, visite drylandforum.wordpress.com



La reunión inaugural de ministros encargados de asuntos forestales de la APEC se celebra en Beijing

La primera reunión de ministros encargados de asuntos forestales del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) se celebró del 6 al 8 de septiembre de 2011 en Beijing. El tema de la reunión fue la intensificación de la cooperación regional para un crecimiento verde y el desarrollo forestal sostenible.

Los participantes comprendían la totalidad de las 21 economías de la APEC, nueve ministros, las principales organizaciones forestales internacionales y representantes de asociaciones industriales y el sector privado.

Hu Jintao, Presidente de la República Popular China, inauguró la reunión.

Los debates celebrados durante la reunión versaron sobre, entre otros temas, las nuevas oportunidades y retos relacionados con las actividades forestales en Asia y el Pacífico, el uso sensato de los recursos forestales para mejorar los medios de vida y promover el desarrollo sostenible, el refuerzo de la gobernanza y la ordenación forestal, y la intensificación de la cooperación con vistas a la expansión del sector forestal en la región.

Reconociendo las limitaciones que afectan a la disponibilidad de recursos y energía, el cambio climático, la pérdida de diversidad biológica, la pobreza y la inseguridad alimentaria, la reunión aprobó la Declaración de Beijing sobre los bosques y las actividades forestales. La declaración tiene en cuenta la diversidad de las economías y las necesidades de desarrollo dentro de la APEC. El texto contiene 15 puntos de compromiso que apoyan el crecimiento verde, la ordenación forestal sostenible y la rehabilitación. Entre dichos puntos está el robustecimiento del compromiso político para respaldar la



Los ministros de asuntos forestales descubren una placa conmemorativa de las operaciones oficiales de la Red de Asia y el Pacífico para la ordenación y rehabilitación forestal sostenible

ordenación forestal sostenible y la conservación y rehabilitación de los bosques; el refuerzo de la cooperación internacional en materia de ordenación forestal sostenible; la intensificación de la cooperación entre las economías de la APEC sobre las políticas y la ordenación forestales con el fin de dar estímulo a esas economías y mejorar los programas de forestación, reforestación y plantación de árboles; y el incremento del número de los programas de difusión destinados a sensibilizar al público acerca de los asuntos forestales.

El texto completo de la Declaración de Beijing está disponible en www.apec.org/Meeting-Papers/Ministerial-Statements/Forestry/2011_forestry.aspx



Hacer frente a las amenazas que comprometen la salud de los bosques

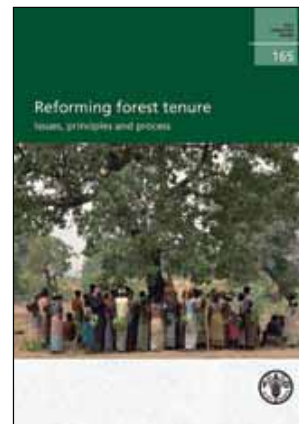
Guide to implementation of phytosanitary standards in forestry. 2010. FAO Forestry Paper No. 164. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-106785-7.

La presente guía, que ha sido producida por un grupo internacional de científicos, autoridades fitosanitarias, expertos forestales y representantes de la industria, y ha sido revisada por más de un centenar de especialistas provenientes de 46 países, suministra una información práctica y de fácil comprensión acerca de la forma en que gracias a las buenas prácticas de ordenación forestal y la correcta aplicación de las normas fitosanitarias es posible reducir al mínimo la proliferación de las plagas y facilitar el comercio seguro.

Cada uno de los capítulos ha sido preparado como un documento autónomo que permite al lector concentrarse en diversos temas de interés específicos. En uno de los capítulos se describe cómo afectan las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF) a las actividades relacionadas con las importaciones y exportaciones de productos forestales. En otro capítulo se estudian los métodos por medio de los cuales los trabajadores del sector forestal consiguen contener el riesgo de difusión de plagas recurriendo a procedimientos de ordenación eficaces. La prevención de la introducción y proliferación de plagas mediante la ejecución de medidas fitosanitarias se explica en un capítulo separado. El camino por seguir —la colaboración entre el personal forestal y las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria con vistas a la elaboración y aplicación de NIMF y regulaciones fitosanitarias nacionales para reducir el desplazamiento de plagas evitando en lo posible imponer restricciones a los intercambios comerciales— es materia de otro capítulo.

También se presenta una información suplementaria que incluye ejemplos de plagas forestales y sus repercusiones, ilustrados con fotografías en color que muestran la plaga, sus síntomas y los daños que ocasiona y los posibles hospederos; y un glosario que explica la terminología utilizada.

La guía constituye una referencia esencial para quienes trabajan en viveros y llevan a cabo actividades de plantación, ordenación, recolección, fabricación, comercialización y transporte de productos forestales. La obra también será de provecho para los encargados del diseño de las políticas forestales, planificadores, gestores y



educadores, en particular en los países en desarrollo. Cabe hacer notar que con esta publicación se busca solo proporcionar una información pública y orientaciones; y que no se pretende formular una interpretación legal oficial de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria o sus documentos afines.

La publicación también está disponible en línea: www.fao.org/docrep/013/i2080e/i2080e00.htm

Hacia la realización de acuerdos para una tenencia segura

Reforming forest tenure: issues, principles and process. 2010. FAO Forestry Paper No. 165. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-106855-7.

Una tenencia segura es un importante requisito previo para la ordenación forestal sostenible. La diversificación de los sistemas de tenencia podría ser la base para la mejora de la ordenación forestal y los medios de vida locales, en particular en zonas en donde el Estado carece de capacidades suficientes para llevar a cabo la gestión de los bosques. Durante los últimos diez años, muchos países han comenzado a reformar sus acuerdos de tenencia relativos a los bosques y tierras forestales transfiriendo una parte de los derechos de acceso y ordenación del Estado a otros sujetos, sobre todo a hogares, empresas privadas y comunidades. La publicación proporciona orientaciones prácticas a los encargados del diseño de las políticas y otros agentes que se ocupan de la reforma de los sistemas de tenencia forestal. Inspirándose en numerosas fuentes, por ejemplo en las evaluaciones de la tenencia forestal realizadas por la FAO en el África, Asia central, Asia sudoriental y América Latina, los autores deducen lecciones acerca de lo que ha funcionado o no, y aducen las razones de los éxitos o fracasos. Se formula en el libro un conjunto de diez principios destinados a guiar la reforma de la tenencia y se plantea un proceso adaptativo para la diversificación de la tenencia forestal en consonancia con el contexto en que esta se ejerce. Se hace hincapié en que el logro de los buenos resultados depende de la reforma de los marcos regulatorios y acuerdos de gobernanza conexos, y que la reforma de la tenencia debe ser vista dentro la esfera más amplia del programa nacional de desarrollo.

La publicación también está disponible en línea: www.fao.org/docrep/014/i2185e/i2185e00.htm



Bosques y desarrollo sostenible

Situación de los bosques del mundo 2011. 2011 Roma, FAO. ISBN 978-92-5-306750-3. La novena edición bienal de *Situación de los bosques del mundo*, publicada a comienzos de 2011, el Año Internacional de los Bosques, trata el tema «Cambiar las vías de acción y, así, las vidas: los bosques como múltiples vías hacia el desarrollo sostenible». En el informe se estudian los temas centrales que son las industrias forestales sostenibles, el cambio climático y los medios de vida locales, y se examina su potencial de proporcionar estímulo al desarrollo en todos sus niveles. Se incluyen, además, nuevos análisis regionales extraídos de la Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010.

El informe se divide en cuatro secciones temáticas. En una de ellas se examinan las principales tendencias regionales y la magnitud de los cambios en el área de bosque, en las zonas designadas para funciones de producción y protección, y en los niveles de biomasa y empleo, entre otros temas. Este análisis ofrece una indicación de los enfoques regionales respecto al uso de los recursos forestales y las medidas tomadas por los distintos países para adaptarse a los cambios en los sistemas biológicos, las políticas y las nuevas técnicas de ordenación.

La adaptabilidad también es un tema clave de la segunda sección, sobre el desarrollo de industrias forestales sostenibles. En ella se analiza la medida en que la industria forestal se ha desarrollado sobre la base de determinadas fuerzas impulsoras mundiales, y la forma en que puede modificar estratégicamente su enfoque del uso de los bosques: uno de los mensajes principales es que en muchos países el sector forestal continúa haciendo una aportación real al empleo y al crecimiento económico.

El cambio climático ocupa una posición destacada en los debates internacionales, y los bosques tienen una función concreta que desempeñar en la respuesta al mismo a nivel mundial. La tercera sección presenta una actualización de las medidas encaminadas a la reducción de emisiones por deforestación y degradación, y la conservación e incremento de las existencias de carbono (REDD+). En esta sección se ofrece una breve panorámica de las orientaciones jurídicas que están surgiendo en relación con la tenencia del carbono forestal y de los diversos enfoques empleados para determinar la propiedad de este recurso.

La importancia de los bosques para los medios de vida locales se pone de relieve en la última sección, en la cual se examina

el conocimiento tradicional, la ordenación forestal basada en la comunidad, las empresas forestales pequeñas y medianas y los valores no monetarios de los bosques. Considerados en conjunto, estos temas proporcionan conceptos que vierten luz sobre la verdadera contribución de los bosques a la creación de unos medios de vida sostenibles y al alivio de la pobreza.

La publicación también está disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf>

Nuevas ediciones de las publicaciones estadísticas de la FAO



Capacidades de pasta y papel 2010-2015. 2011 Roma, FAO. ISBN 978-92-5-006911-1.

Esta encuesta anual presenta las estadísticas mundiales sobre la capacidad mundial de producción de pasta y papel por país y por cada producto. El informe se basa en los datos recibidos de los corresponsales en todo el mundo, principalmente las asociaciones de pasta y papel o, en su ausencia, las sociedades productoras, que representan alrededor del 70 por ciento de la producción mundial de papel y cartón.

La publicación también está disponible en línea: www.fao.org/docrep/014/i2285t/i2285t00.pdf



Anuario FAO de productos forestales 2009. 2010. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-006544-1.

Este anuario es una compilación multilingüe de estadísticas sobre productos forestales básicos para todos los países y territorios del mundo. Esta 63ª edición contiene datos anuales sobre la producción y el comercio de productos forestales para los años 2005-2009 y sobre la dirección del comercio en 2008 y 2009.

La publicación también está disponible en línea: www.fao.org/docrep/014/i1211m/i1211m00.htm

El patrimonio estadístico, en línea

La colección completa del *Anuario FAO de productos forestales*, desde el año 1947, está ahora disponible en el sitio Web de la FAO: <http://www.fao.org/forestry/62283/es/>



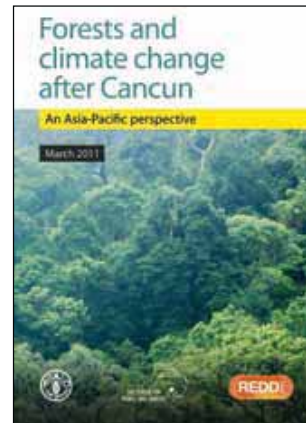
Los bosques y el cambio climático – folletos

El cambio climático para los responsables de políticas forestales: un enfoque para la integración del cambio climático en los programas forestales nacionales en apoyo a la ordenación forestal sostenible. 2011. FAO, Roma.

El papel determinante de los bosques en la mitigación del cambio climático y en la adaptación a sus efectos es hoy ampliamente reconocido. Los bosques contribuyen considerablemente a la mitigación del cambio climático por su función de sumideros y almacenes de carbono. Los bosques juegan un papel esencial al reducir los factores de vulnerabilidad y reforzar capacidad de adaptación de las poblaciones y el ecosistema a los cambios y la variabilidad del clima y a sus efectos perjudiciales, cada vez más evidentes en muchas partes del mundo.

En varios países, los problemas vinculados con el cambio climático no han sido abordados plenamente en las políticas forestales nacionales; los efectos de mitigación ejercidos por los bosques y las necesidades de adaptación en el plano nacional no han sido tomados en cuenta en las estrategias en materia de clima, ni han sido apreciadas en toda su magnitud las dimensiones transectoriales de las consecuencias del cambio climático y las medidas de respuesta que es necesario adoptar. Esta obra presenta un enfoque práctico a la integración de las cuestiones del cambio climático en los programas forestales nacionales. El objetivo es proporcionar asesoramiento a oficiales superiores de gobierno y representantes de otras partes interesadas, incluidas las organizaciones de la sociedad civil y el sector privado, para preparar al sector forestal a afrontar los retos y oportunidades que plantea el cambio climático.

La publicación también está disponible en línea: <http://www.fao.org/forestry/29497-0aca5288ee451819193e20ef0105affa.pdf>



Forests and climate change after Cancun: an Asia-Pacific perspective. 2011.

Bangkok (Tailandia), RECOFTC. ISBN 978-616-90183-4-6.

La 16ª Conferencia de las Partes (COP-16) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en Cancún (México) en 2010, cambió la configuración de las negociaciones sobre REDD+ y las políticas forestales mundiales. Al describir los principales elementos de REDD+ y poner en ejecución su fase inicial, el Acuerdo de Cancún proyecta REDD+ como el componente clave del régimen climático internacional para los años posteriores a 2012.

¿Qué efectos tendrán sobre los bosques y los usuarios de los bosques, en Asia y el Pacífico, las decisiones que han derivado de las conversaciones? Cimentándose en los buenos resultados conseguidos gracias a una iniciativa similar, tras la celebración de la COP-15 en Copenhague, la FAO y el Centro Regional de Formación Forestal Comunal para Asia y el Pacífico reunieron a 11 expertos regionales, con el apoyo de un proyecto REDD-Net financiado por el Organismo Noruego de Cooperación para el Desarrollo (NORAD), para reflexionar acerca de estas materias. En este folleto de 28 páginas se resumen las respuestas que los expertos dieron a 12 preguntas clave formuladas para dilucidar directamente muchas de las cuestiones planteadas, y ponderar las consecuencias que resultan de REDD+, incluidas sus salvaguardas, costos, financiación, problemas principales, beneficios, compromisos vinculantes y negociaciones futuras, e investigar el alcance de la metodología relacionada con el Fondo para el Clima Verde y el Uso de la Tierra, el cambio del uso de la tierra y las actividades forestales.

Este breve folleto entrega respuestas sucintas a algunas de las múltiples preguntas que surgen hoy en día en los debates sobre las cuestiones forestales y el cambio climático, referidas en particular a la región de Asia y el Pacífico.

La publicación también está disponible en línea: www.fao.org/world/regional/rap/nre/about/en/

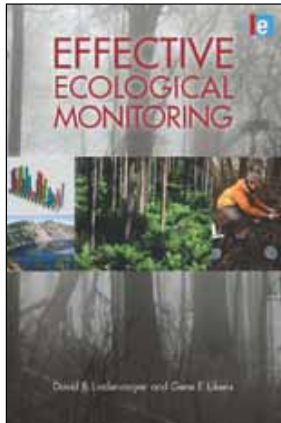


Pida su suscripción enviando un mensaje de correo electrónico a:

CLIM-FO-Owner@fao.org

**con el texto «SUBSCRIBE CLIM-FO-L»,
dejando en blanco la línea relativa al asunto
o bien,**

**visite el sitio Web de la FAO dedicado a Los bosques y el cambio climático:
www.fao.org/forestry/climatechange/es/**



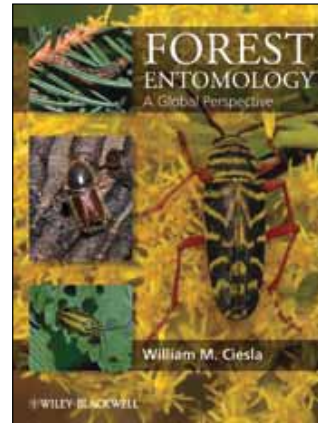
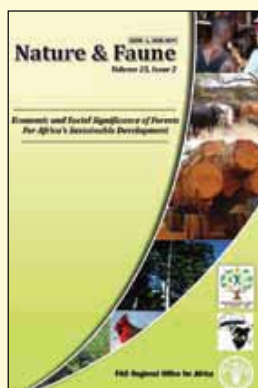
Introduciendo el concepto de «seguimiento adaptativo»

Effective ecological monitoring. D.B.Lindenmayer y G.E. Likens. 2010. Londres, Earthscan. ISBN 978-1-84971-145-6.

Ecologistas y gestores de recursos naturales reconocen de buen grado que para mejorar la comprensión y ordenación de los sistemas medioambientales complejos es importante que las acciones de seguimiento se lleven a cabo durante periodos prolongados. Las estadísticas de largo plazo son elementos determinantes para la obtención de los datos de referencia que se utilizan para la detección y evaluación de los cambios en la estructura y función del ecosistema y la evaluación de las respuestas del ecosistema a las perturbaciones, por ejemplo el cambio climático o la contaminación. En este libro se enumeran algunas de las trampas y carencias que se advierten en los programas de seguimiento ecológico. Los componentes esenciales de estos programas —de los cuales depende la aplicabilidad de los protocolos de seguimiento a largo plazo— se describen recurriendo a estudios de caso realizados en Australia, el Canadá, el Reino Unido y los Estados Unidos de América. Según un enfoque nuevo, que los autores denominan «seguimiento adaptativo», se han reunido en un marco lógico y coherente los principales aspectos de los programas de seguimiento a largo plazo que han arrojado resultados exitosos. Cada uno de los capítulos de la obra —que está redactada en un lenguaje accesible y se dirige al lector profano instruido y al gestor de políticas— incluye un resumen y una lista de referencias.

¡Ha salido el nuevo número de *Nature & Faune*!

El Volumen 25, Nº 2, trata el tema «Importancia económica y social de los bosques para el desarrollo sostenible de África». Para consultar el número actual y los números anteriores, visite el sitio: www.fao.org/africa/publications/nature-and-faune-magazine/



El mundo de los insectos

Forest entomology: a global perspective. W.M. Ciesla. 2011. Chichester (Reino Unido), Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-4443-3314-5.

En este libro de texto se examinan los insectos en un contexto mundial y se abordan las especies que más preocupaciones despiertan en los ecosistemas forestales del planeta.

En la primera parte se analizan las funciones que desempeñan los insectos en los bosques, la dinámica de las poblaciones y los efectos de los insectos sobre los bosques naturales, plantaciones, sistemas agroforestales, bosques urbanos y productos madereros y no madereros. Se pasan en revista los métodos de seguimiento utilizados para los insectos forestales y se exponen las opciones alternativas para la ordenación de los insectos perjudiciales dentro del marco del manejo integrado de plagas. Se estudia asimismo la base de clasificación, por órdenes y familias, de los insectos forestales. La segunda parte contiene los perfiles mundiales de 235 insectos forestales, sus pautas de distribución, hospederos, ciclo biológico y repercusiones económicas, sociales y ecológicas. En una serie de cuadros se ofrecen resúmenes de la distribución y hospederos de muchas especies más. Se incluyen las que son dañinas para los bosques, otras que son meras curiosidades y algunas que son beneficiosas.

El libro ha sido concebido como un texto de referencia destinado a estudiantes, técnicos forestales y expertos en sanidad forestal. La obra será de especial interés para quienes trabajan en ámbito internacional o se ocupan de especies entomológicas cuya zona de distribución puede sufrir ampliaciones a consecuencia de los intercambios comerciales, los viajes o las alteraciones medioambientales. El lector podrá descargar, para uso personal o con fines didácticos, figuras, cuadros e imágenes extraídos de cada uno de los capítulos en un sitio Web complementario: www.wiley.com/go/ciesla/forest



Cambios, desafíos y oportunidades

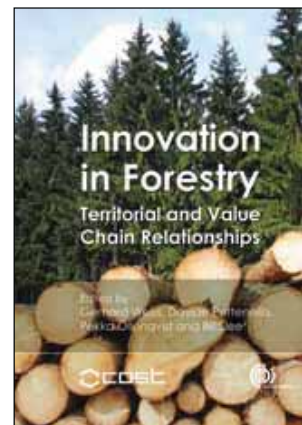
Forests and society: responding to global drivers of change. G. Mery, P. Katila, G. Galloway, R.J. Alfaro, M. Kanninen, M. Lobovikov y J. Varjo (eds.). 2010. IUFRO World Series, Vol. 25. Viena, IUFRO. ISBN 978-3-901347-93-1.

En este libro de enfoque multidisciplinar, que ha sido producido por el Proyecto especial de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) «Los bosques del mundo, la sociedad y el medio ambiente», se describen las principales fuerzas de cambio que afectan a los bosques del mundo y a las personas que dependen de los bosques, y los desafíos y oportunidades que derivan de tales dinámicas. La publicación también indica cómo reducir los efectos adversos a que estas últimas pueden dar origen y la forma de sacar provecho de las nuevas oportunidades que brinda el sector forestal.

Se analizan en el libro las grandes modificaciones ambientales tales como el cambio climático y la contaminación atmosférica, el ciclo forestal e hídrico y la salud de los bosques en un ambiente que está en vías de modificación. También se abordan los cambios socioeconómicos relacionados con los mercados y las inversiones, los avances tecnológicos, los ambientes sociales en mutación y la salud y el bienestar humanos, amén de la función determinante que desempeñan las fuerzas de cambio que provienen de fuera del sector forestal, por ejemplo la demanda de tierras para la producción agrícola y de bioenergía. Se aporta una gran variedad de ejemplos regionales que ilustran la forma en que la sociedad y las instituciones se esfuerzan por responder a las modificaciones y oportunidades a diferentes escalas y en distintas partes del globo. Para estudiar los retos ambientales, sociales y económicos a que deben hacer frente los bosques del mundo, se exponen los progresos recientes en materia de gestión de bosques que se explotan para la obtención de madera y otros bienes y servicios ecosistémicos, y los acuerdos institucionales más prometedores vinculados al fomento de iniciativas encaminadas al manejo de estos retos a largo plazo.

La publicación es apta para un público amplio y contribuirá a los debates e investigaciones sobre los factores que determinan los cambios, amenazas y desafíos a que deben hacer frente hoy o deberán hacer frente en el futuro los bosques, las actividades forestales y las personas que dependen de los bosques.

Están disponibles en línea un resumen de políticas elaborado a partir de las principales conclusiones del libro y varios capítulos de mismo: www.iufro.org/science/special/wfse/wfse-achievements



La innovación y las actividades forestales europeas

Innovation in forestry: territorial and value chain relationships. G. Weiss, D. Pettenella, P. Ollonqvist y B. Slee (eds.). 2011. Wallingford (Reino Unido), CAB International. ISBN 978-1-84593-689-1.

Se reconoce cada vez más que, en el sector forestal, la innovación es el factor clave de la protección ambiental y de un desarrollo sostenible equilibrado. Este volumen presenta los resultados de las iniciativas de investigación innovadora en las actividades forestales y en el sector industrial forestal de Europa, y abarca un amplio abanico de procesos: desde los comerciales hasta los institucionales; y desde los servicios ecosistémicos hasta los productos que entran en el mercado global. Gracias a su amplia comprensión de la gama de factores que influyen en los proyectos de innovación, los autores sientan las bases teóricas para una investigación de los procesos y políticas sobre innovación en el ámbito rural tradicional, y desarrollan un análisis empírico de los procedimientos que determinan la innovación en los principales sectores. Objeto de examen mediante estudios de caso son los servicios territoriales que se prestan en el sector forestal; se incluyen aquí varios tipos de servicios ecosistémicos tales como el secuestro de carbono o las cadenas de valor relacionadas con las actividades de esparcimiento y la producción maderera, incluida la fabricación de armaduras y la bioenergía. El libro será de interés para investigadores y responsables de las políticas del sector forestal y especialistas en ciencias medioambientales.

¿Está suscrito usted ya a **Infosylva**, el servicio de recortes de prensa sobre el sector forestal?



Para mayores informaciones o para hacer la suscripción, visite el sitio: <http://www.fao.org/forestry/infosylva/es/>



iFOn

Es la nueva aplicación móvil del Departamento Forestal de la FAO para iPhone, iPod touch y iPad.

Compruebe sus conocimientos sobre asuntos forestales y manténgase al día de las últimas noticias relacionadas con las actividades forestales de la FAO.

Disponible ahora en Apple iTunes y en la Tienda App.



El Departamento Forestal de la FAO proporciona recursos de información para las necesidades de aprendizaje y comunicación del siglo XXI.

www.fao.org/forestry

