

Los bosques en los próximos 300 años

J. Blaser y H. Gregersen



FAO.V. MAKSIMOV

«Aunque supiera que el mundo se ha de acabar mañana, yo plantaría mi manzano.»

– Martín Lutero (principios del Siglo XVI)

El patrimonio forestal mundial será mucho mayor en 2313, y los encargados de la gestión forestal llegarán a ser personas muy importantes.

Juergen Blaser es Profesor del Sector Forestal Internacional en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna – Escuela de Agricultura, Bosques y Ciencias de la Alimentación, Suiza. **Hans Gregersen** es Profesor Emérito del Departamento de Recursos Forestales de la Universidad de Minnesota, Estados Unidos.

El roble que se está plantando, como escribimos en una fría mañana de 2013 en un campus universitario en la meseta suiza, debería alcanzar la madurez en algún momento del siglo XXIV. Si todo va bien, el sipo (*Entandrophragma utile*), que sólo se ha establecido en un claro de la selva lluviosa en la región septentrional de la República del Congo, iniciando una vida de feroz competencia por la luz y los nutrientes, cubrirá la cubierta de copas para convertirse en un árbol emergente en algún momento después de 2350. La plántula del abeto (*Abies sibirica*) en la vertiente septentrional de los Urales de la Federación de Rusia, que hoy es de 20 cm de altura, tendrá un diámetro del tallo de 60 cm en 2313.

A escala mundial, la cuestión sobre el modo en que los árboles individuales sobreviven a la madurez no es importante, pero el destino general de los bosques de los que forman parte es fundamental. Los bosques y los árboles son un recurso *renovable*, que proporcionan una gran variedad de bienes y servicios ecosistémicos. A pesar de la disminución prevista en la disponibilidad de recursos *no renovables* y el cambio ambiental a gran escala, el destino de los árboles y bosques en los próximos 200 a 300 años es de importancia clave

Arriba: El Bosque de Kaybitsky, Federación de Rusia, que alberga las reservas genéticas de robles. La conservación de la diversidad biológica forestal será esencial para un futuro sostenible

para la humanidad. Los bosques van y vienen (Cuadro 1), pero en los últimos siglos ha habido un descenso drástico. Sin embargo, existe la posibilidad de invertir esta tendencia y aumentar considerablemente los recursos forestales mundiales. En este artículo, estudiamos los factores que influirán el porvenir de los bosques en los próximos 300 años, y predecimos un mundo que será más dependiente que nunca de sus bosques – y de los encargados de la gestión forestal.

Los bosques van y vienen

Hace catorce mil años, al final del último período glacial, los bosques del mundo se hallaban principalmente en zonas de refugio cálidas y húmedas del Asia sudoriental, Amazonas central, África occidental y central y América del Norte sudoriental (Adams, 1997) y abarcaban una superficie de menos de 2 mil millones de hectáreas (ha). Con el aumento de la temperatura y la humedad, se expandieron a su mayor alcance de más de 9 mil millones de hectáreas en el Holoceno Medio, de 7 000 a 9 000 años antes de nuestros días. Desde hace aproximadamente 3 000 años, la superficie forestal ha disminuido de manera constante a medida que los seres humanos se convertían de cazadores y recolectores a agricultores y ganaderos (Figura 2). Estimamos que la pérdida neta de la superficie forestal desde principios de 1700 ha sido de aproximadamente mil millones de hectáreas y toda inducida por el hombre. Sin embargo, en los últimos dos decenios, 77 países han pasado de ser perdedores netos de bosques a ganadores netos, si bien los bosques que se incorporan a menudo son muy diferentes de los bosques que se pierden (Putz, de próxima publicación).

LAS PRINCIPALES HIPÓTESIS

La era de la información¹ está dando lugar a notables cambios en el modo en que las sociedades viven, piensan, trabajan, compran y priorizan las inversiones futuras, y los seres humanos de hoy son

¹ Las dos primeras «eras» fueron la era agrícola y la era industrial (Toffler, 1980).

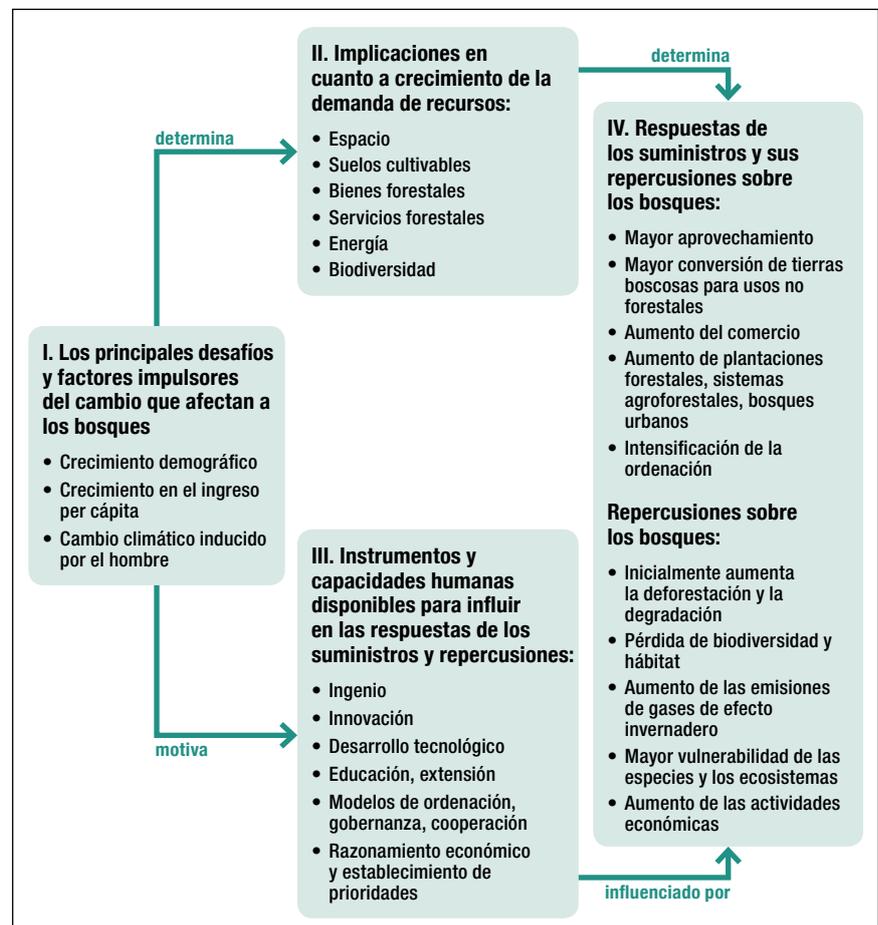
sumamente diferentes – física, mental y espiritualmente – de los de hace 300 años. Suponemos que los seres humanos van a seguir cambiando y que los que vivan a partir de ahora a los próximos 300 años serán muy diferentes de nosotros de muchas maneras que no podemos predecir. Sin embargo, suponemos que sus valores fundamentales seguirán siendo los mismos – que se valorará la calidad ambiental, la prosperidad económica y la equidad social.

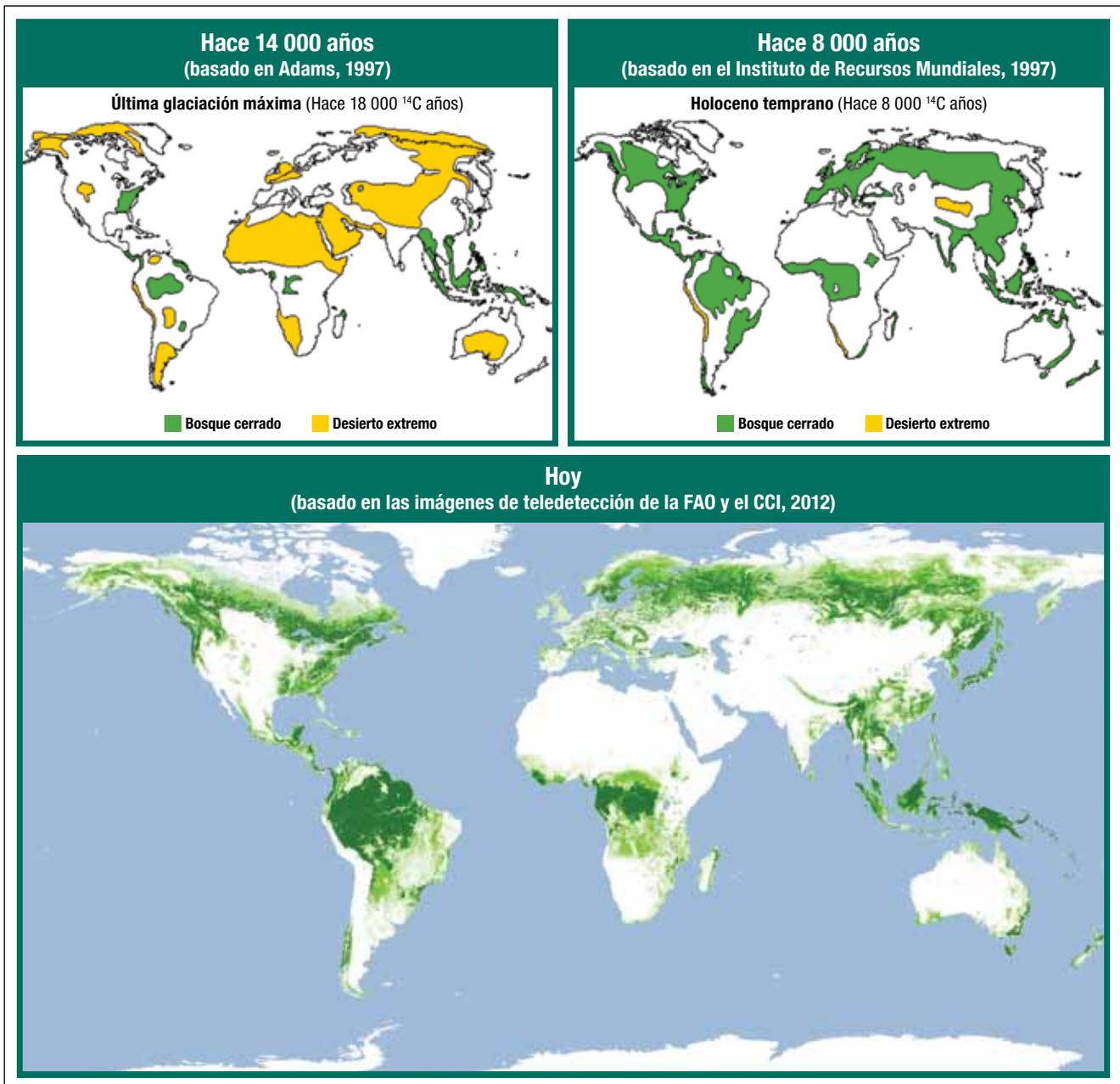
Como veremos a continuación, presu- mimos que el consumo global de recursos se incrementará debido al crecimiento demográfico y al aumento del consumo per cápita. Al mismo tiempo, preve- mos que el cambio climático tendrá significativas repercusiones sobre el medio ambiente, que podría inducir a un mayor despla- zamiento de las poblaciones y podría causar un aumento de los conflictos y desórdenes civiles. La destrucción de los bosques podría continuar sin disminuir e incluso aumentar en las próximas décadas. En su aclamada publicación *A brief history of the future*, Attali (2011) prevé que

«los bosques serán muy raros, devorados por las empresas de fabricación de papel y materiales de embalaje, y por la expansión de la agricultura y de las ciudades».

A pesar de un panorama a medio plazo potencialmente tan sombrío, hemos deci- dido aceptar una hipótesis igualmente razonable, es decir, que a pesar de los diversos problemas que la humanidad deberá afrontar en los próximos 300 años, se mantendrá mayormente la cohesión social. Las sociedades serán cada vez más democráticas, la capacidad de investiga- ción se incrementará, y se desarrollarán las nanotecnologías y otras insospechadas innovaciones. Hace trescientos años, las sociedades utilizaban los bosques y los árboles por las mismas razones básicas por las que los utilizamos hoy, pero de manera totalmente diferente. Esperamos que lo mismo se pueda decir dentro de 300 años – se obtendrán los mismos beneficios de los bosques, pero de muchas otras maneras. Por ello, a continuación exponemos un

1 El futuro de los bosques: desafíos, respuestas y repercusiones





caso de mayor demanda de bosques y árboles en los próximos 300 años, por consiguiente de un patrimonio forestal mundial en expansión.

PRINCIPALES PROBLEMAS Y UN CAMINO PARA EL CAMBIO

La figura 1 indica los principales elementos que consideramos en la proyección de lo que ocurrirá con los bosques en los próximos siglos. De los numerosos desafíos e impulsores (Recuadro 1 en la Figura 1) que influirán en los bosques del futuro, nos centramos en lo que consideramos los tres aspectos más significativos: el crecimiento demográfico, el crecimiento del

consumo per cápita, y el cambio climático. Estos son la causa de muchos problemas (Recuadro 2), pero también brindan varias oportunidades para afrontar los desafíos al proporcionar incentivos para que la inventiva y la innovación se desarrollen y den lugar a la creación de nuevas tecnologías y formas de organización de las sociedades (Recuadro 3). Las prioridades sociales, las capacidades y los instrumentos van a determinar las respuestas a los desafíos y las respuestas, a su vez, van a determinar la magnitud y la naturaleza de las repercusiones (Recuadro 4). A continuación, se analizan cada uno de estos cuatro elementos.

2
Superficie forestal mundial

Principales desafíos e impulsores del cambio que afectan a los bosques

Crecimiento demográfico. El mundo está cada vez más poblado. Ha tomado aproximadamente 2 000 años para que la población mundial aumentara de 60 millones a 600 millones de personas en 1700 (McEvedy y Jones, 1978) y sólo 300 años para que creciera casi doce veces más hasta llegar a 7 100 millones en 2012. Sin embargo, la buena noticia, sobre la base de un escenario bien justificado de «crecimiento medio», es que la población mundial crecerá a un ritmo

más lento, alrededor de 9 mil millones en 2050 y luego se estabilizará hasta 2300 y más allá (Naciones Unidas, 2004). El crecimiento de 2050 se producirá casi exclusivamente en los países tropicales y subtropicales, en particular, en África y Asia, en los que la deforestación para la producción de alimentos es probable que siga siendo un desafío en los próximos 50 años. Sin embargo, la tendencia actual de la migración de las zonas tropicales a las zonas templadas y de las zonas rurales a las zonas urbanas, también es probable que continúe, mitigando posiblemente los efectos directos del crecimiento de la población sobre los bosques. Una población mundial de 9 mil millones de personas podrían vivir de forma sostenible (véase, por ejemplo, Tudge, 2007), excepto por el aumento previsto en el consumo per cápita.

El consumo y el crecimiento del ingreso. La OCDE (2012) y la Conference Board (2012) prevén que el producto interno bruto mundial seguirá creciendo durante los próximos 20 años, con tasas de crecimiento más altas en los países en desarrollo y más alta que las tasas del crecimiento demográfico. El consumo de bienes y

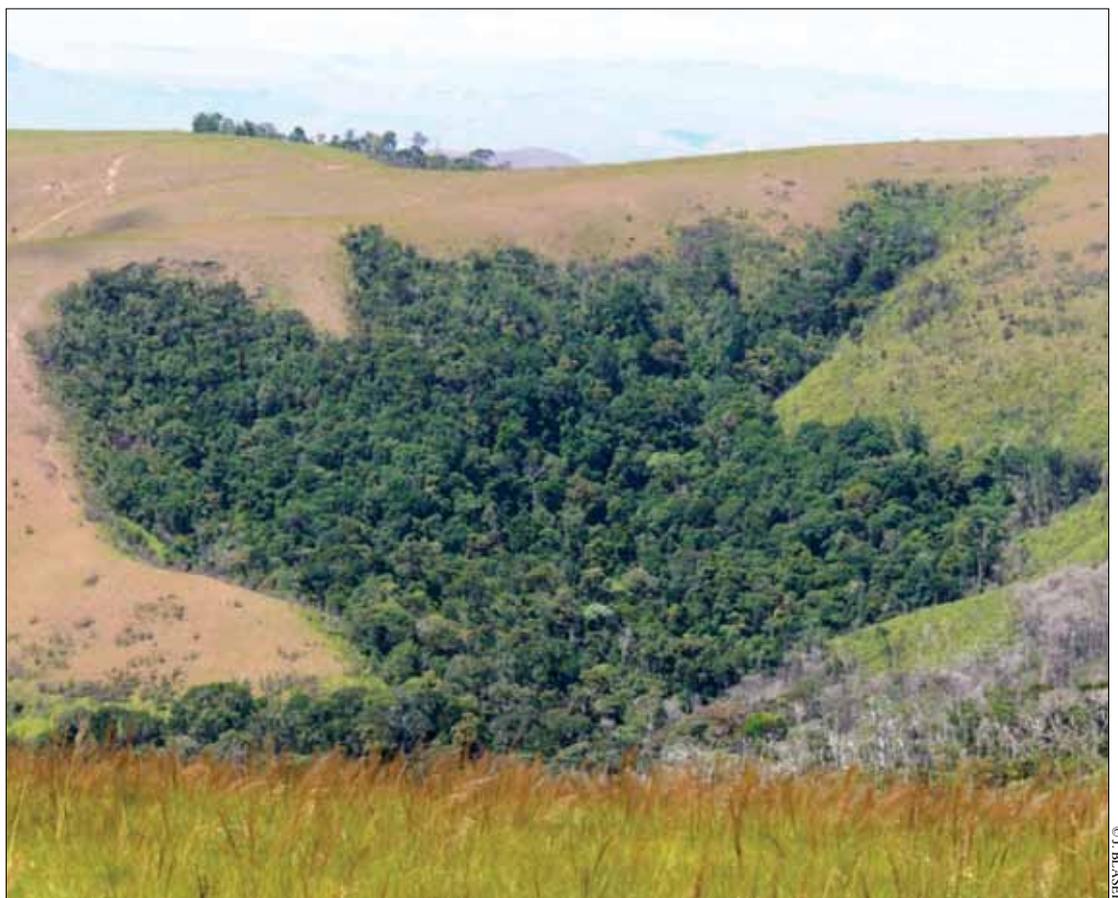
servicios difiere notablemente entre los países más pobres y más ricos, tanto en cantidades absolutas como relativas. Según el Instituto Worldwatch (2011), «el 12% de la población del mundo que vive en América del Norte y Europa Occidental representa el 60% del gasto de consumo privado, mientras que la tercera parte de la población que vive en Asia meridional y África subsahariana representa sólo el 3,2%». A medida que aumenta el ingreso per cápita en los países en desarrollo es probable que aumente también el consumo de recursos.

Asimismo, el aumento del ingreso cambiará el conjunto de bienes y servicios solicitados a los bosques. Es probable que la demanda sobre los bosques *naturales* del mundo cambie cada vez más de los usos como la leña y la madera hacia los servicios como la protección de cuencas hidrográficas, la retención de carbono, la conservación de la biodiversidad, el esparcimiento y otros usos que no implican la deforestación. Este mayor reconocimiento de la importancia de los bosques es una de las razones por las cuales los países más desarrollados y los países de ingresos

medios son los que actualmente aumentan de forma neta sus superficies forestales. Otra razón es que algunos países importantes han «exportado su deforestación» a los principales países en desarrollo, por ser importadores netos de alimentos y de productos forestales, ya que a menudo son más baratos que los de la producción nacional (Gregersen *et al.*, 2011).

El cambio climático. Las predicciones científicas sobre el cambio climático por lo general no se extienden a más de 100 años, por eso una proyección de 300 años entraña muchas incertidumbres. Hemos escogido una hipótesis optimista de un aumento de la temperatura media mundial de 4 °C en 2313; esto se considera optimista porque este aumento prevé que la mayoría de los modelos climáticos de finales del *siglo XXI*, no sufrirán ningún cambio notable en sus políticas (Banco Mundial, 2012a). Si bien esta visión es optimista, se proyecta un fuerte aumento que tendrá consecuencias devastadoras, en particular, las inundaciones de ciudades costeras; el aumento de los riesgos para la producción alimentaria, que potencialmente puede determinar una mayor

**Altitud media
(1 500 m sobre
el nivel del mar)
sabana afectada
por un incendio en
Madagascar. En
el contexto del
cambio climático,
en la actualidad,
existe el riesgo
de que muchas
superficies boscosas
se conviertan en
paisajes como
la sabana, con
pequeñas islas ricas
en biodiversidad,
pero con masas
forestales aisladas**



Sabana, en la República del Congo en octubre de 2012. Este podría ser el paisaje de una gran parte de la cuenca del Congo en 2313



© J. H. ASHER

malnutrición; el aumento de la aridez en muchas regiones áridas y el aumento de las precipitaciones en las regiones húmedas; las olas de calor sin precedentes en muchas regiones, especialmente en las zonas tropicales; sustancialmente la escasez extrema de agua en muchas regiones; la mayor frecuencia de ciclones tropicales de gran intensidad, y la pérdida irreversible de la biodiversidad, especialmente, en los bosques y en los sistemas de arrecifes de coral (Banco Mundial, 2012a).

La hipótesis de 4 °C implica un aumento en la temperatura mundial media del valor preindustrial de 13,5 °C en 1800 y el 14,5 °C actual a aproximadamente 18,5 °C en 2313. Los cambios en el clima podrían ocurrir muy rápido, provocando cambios drásticos en los bosques. Cuando los árboles, las plantas y los animales están expuestos a condiciones ambientales que difieren de aquellas a las que se han adaptado, el estrés fisiológico que sufren los vuelve más vulnerables a los daños catastróficos de las alteraciones ecológicas, como las enfermedades, los insectos y los incendios (Bergengren, Waliser y Yung, 2011) y aumenta la probabilidad de extinción a nivel local e incluso regional.

La investigación que se lleve a cabo para comprender mejor la vulnerabilidad y la resiliencia desempeñará una función importante en la propuesta de opciones de la ordenación forestal ante el cambio climático.

Implicaciones para la demanda de recursos

Los tres grandes desafíos mencionados anteriormente ocasionarán un aumento de la demanda de recursos naturales y tendrán importantes repercusiones para el futuro de los bosques.

La deforestación y la reforestación. Si el progreso tecnológico en la producción de alimentos por unidad de superficie no se mantiene al día con la creciente demanda de alimentos, entonces es posible que se produzca una reducción significativa de la superficie forestal a medida que se expande la agricultura para satisfacer la creciente demanda. Durante los próximos 50 años, es probable que muchos bosques y tierras boscosas en los países en desarrollo se desmonten para dejar lugar a los cultivos alimentarios y posiblemente a los biocombustibles. Por consiguiente, la deforestación seguirá convirtiendo los

bosques en tierras aptas para la producción agrícola (Bruinsma, 2003). Por otra parte, las tierras de uso agrícola en los países industrializados de Europa y América del Norte en realidad disminuirán hasta 2030, y gran parte de ellas volverá a los bosques y a otros usos del medio ambiente (Wirsenius, Azar y Berndes, 2010; Gregersen *et al.*, 2011). Prevemos una tendencia similar, aunque algo más tarde, en la mayoría de los países en desarrollo.

La ordenación de cuencas hidrográficas. En los próximos siglos, la escasez de agua dulce se convertirá probablemente en una seria limitación para el desarrollo. El uso del agua y su disponibilidad se ven afectados por el número de la población, el desarrollo tecnológico y el aumento del ingreso y es probable que el cambio climático tenga un impacto cada vez mayor. Existen pruebas de que los árboles en pequeña escala pueden reducir la escorrentía de la cuenca receptora y, a muy gran escala (por ejemplo, la cuenca del Amazonas), los bosques están vinculados a los regímenes de lluvias y a la disponibilidad de agua (Ellison, Futter y Bishop, 2011). En las zonas más secas, los árboles pueden reducir la cantidad de agua

Un ayos samba de edad madura en el bosque Sanga, República del Congo. Los bosques en equilibrio ecológico disminuirán ante el cambio climático y serán raros en 2313



REISY/BI.T

disponible (aunque mediante los efectos de protección que poseen también pueden aumentar la disponibilidad de agua local). En el futuro, esos vínculos directos entre los bosques y el agua serán esenciales, y la ordenación de los bosques especialmente para la calidad del agua y la periodicidad de los flujos de agua será cada vez más importante.

Protección de la biodiversidad. En los últimos milenios, las sociedades humanas utilizaron cientos de especies de plantas y animales para garantizar su seguridad alimentaria y la salud. Sin embargo, en la actualidad, la seguridad alimentaria mundial depende de unas pocas especies cultivadas (Salim y Ullsten, 1999) y variedades de alto rendimiento con una base genética reducida, que aumentan la vulnerabilidad de la producción de alimentos al estrés biótico y abiótico. El riesgo de pérdida de los cultivos aumentará aún más con el cambio climático y la creciente fragmentación de los hábitats. La conservación de la biodiversidad, especialmente

en los bosques tropicales secos y húmedos, debe ser una prioridad para la humanidad, debido a que la diversidad genética será fundamental como un amortiguador contra los cambios de las condiciones ambientales y como un conjunto de variaciones para ser utilizado en los cultivos y en el mejoramiento y reproducción de árboles forestales.

La permanencia de las existencias de carbono. Además de los océanos, los sedimentos y los combustibles fósiles, los bosques, la tundra y las turberas constituyen los principales depósitos de carbono del planeta (alrededor de 2 000 gigatoneladas). Garantizar la estabilidad de las existencias forestales de carbono será un gran desafío para los técnicos forestales. La REDD+² fue propuesta por primera vez en 2007 como un mecanismo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los bosques, y hay grandes expectativas de que se convierta en un instrumento importante para la financiación de la ordenación forestal. Sin embargo, aún hay mucho trabajo por hacer para

poner en vigor este mecanismo u otros similares y para garantizar la permanencia del carbono forestal.

La dendroenergía. El petróleo, el gas y el carbón son recursos no renovables; es probable que los dos primeros lleguen a agotarse en 300 años, pero el carbón puede durar más tiempo. Abordar el desafío de la energía será una prioridad en un mundo más caliente y densamente poblado. La madera era la principal fuente de energía antes del siglo XIX y aún hoy sigue siendo una importante fuente de energía. En 2009, alrededor de 1,7 mil millones de m³ de madera fueron consumidos como combustible, que equivale al 73 por ciento del suministro de energía renovable del mundo en ese año (Agencia Internacional de Energía, 2010). En el futuro, los

² Un término que ha pasado a significar reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques y la función de la conservación, la ordenación forestal sostenible y el aumento de las existencias forestales de carbono en los países en desarrollo.

biocombustibles de tercera generación³ se volverán cada vez más importantes, pero la mayor parte de otros tipos de dendroenergía es probable que disminuya.

La madera como materia prima. El consumo mundial de madera en rollo industrial era de aproximadamente 1,9 mil millones de m³ en 2009 y se prevé que aumentará a 3 mil millones de m³ en 2050 (FAO, 2010). El consumo de madera para fines industriales y como biocombustible aumentará entre los próximos 30 a 50 años. Más allá de eso, la fibra de madera va a desempeñar una función cada vez más importante como materia prima para productos compuestos y como sustituto de los materiales compuestos a base de petróleo, con una amplia gama de aplicaciones en la medicina, la electrónica, los biomateriales y la energía. Otro factor a su favor es que la madera y muchos otros productos derivados de los bosques son reciclables. La conclusión es que la madera probablemente seguirá siendo importante, y de hecho tendrá una importancia creciente, a medida que avanzamos hacia el año 2313.

Los instrumentos y las capacidades humanas influirán en las respuestas de los suministros y las repercusiones

Las sociedades humanas son ingeniosas, inventivas y creativas, una vez que los incentivos se presentan. Las sociedades pueden aplicar métodos sistemáticos para descubrir e innovar y utilizar la investigación, el desarrollo y la educación para producir nuevas tecnologías y aplicaciones que funcionen. Asimismo, se ha demostrado que es posible cambiar el comportamiento humano, tanto a nivel sociopolítico como individual, por ejemplo, aumentando los derechos de las comunidades locales y de los ciudadanos y las responsabilidades hacia los recursos forestales de dominio público que pueden determinar un uso y una ordenación forestal más sostenible. La mayoría de las principales innovaciones necesarias para garantizar un futuro positivo para los bosques debe realizarse fuera del sector forestal; éstas incluyen los avances en la producción de alimentos para aumentar la

productividad por unidad de superficie a fin de contribuir a reducir la deforestación, las tecnologías energéticas que reemplazan el uso poco eficiente de la leña y el desarrollo de medios para hacer frente a la amenaza que plantea el cambio climático.

Los avances en la ciencia y el conocimiento forestal. No hay ninguna razón técnica para que los objetivos de ordenación forestal sostenible (OFS) no puedan ser alcanzados en todos los biomas forestales. En los últimos 300 años, los sistemas de ordenación forestal se han desarrollado en la mayoría de los biomas que imitan a la naturaleza, y existe una buena comprensión de la regeneración de muchas especies de plantas asociadas a bosques y especies animales. Sin embargo, el cambio climático representa un gran desafío para los científicos forestales: los bosques en equilibrio ecológico corren un alto riesgo; los bosques sucesionales con ciclos de rotación rápida tal vez ocupen muchas zonas a causa de sequías prolongadas, de los incendios forestales y otros fenómenos extremos, y muchas especies arbóreas podrían no llegar a la madurez por el estrés fisiológico y el aumento de la frecuencia de las alteraciones. La ciencia forestal debe permitir una mejor comprensión de las vulnerabilidades de los bosques y los factores de estrés y elaborar soluciones aplicables a los desafíos que plantea el cambio climático.

El desarrollo tecnológico. Será necesario un gran esfuerzo para crear tecnologías basadas en recursos renovables, como los árboles que son rentables y respetuosos del medio ambiente. La madera tiene un gran potencial como materia prima, y el mejoramiento genético de las especies arbóreas de uso común podría hacerla aún más versátil. La modificación genética es discutible, pero, a medida que se evalúan mejor los riesgos, y se intensifica la competencia por la tierra, es probable que su práctica se vuelva más frecuente tanto para los cultivos agrícolas como para los árboles. En general, la innovación continua de productos forestales para garantizar la viabilidad económica de los bosques de producción es necesaria.

Gobernanza y ordenación. Los principales desafíos de la gobernanza en el futuro estarán vinculados con el acceso a los recursos naturales esenciales como la tierra, los bosques, el agua, la energía y

los minerales. La buena gobernanza mundial será necesaria para evitar conflictos y disputas devastadores sobre los recursos, en particular, los recursos hídricos en situaciones transfronterizas, pero también sobre la tierra. La migración humana hacia las zonas en las que se hallan mejores condiciones de vida es probable que aumente en el próximo siglo. Esperamos que la estructura de gobernanza actual cambie en pro de un enfoque más integral, basado en los recursos, con mayor énfasis en el acceso a los recursos. La tendencia actual para proporcionar a las comunidades forestales y a las poblaciones indígenas en los países en desarrollo, los derechos legales estatutarios y responsabilidades tendrá que continuar. Serán necesarias nuevas disposiciones institucionales para realizar la gestión y los pagos por los servicios ecosistémicos.

Asimismo, la gobernanza intersectorial requerirá una mayor atención. Se necesitarán soluciones multifuncionales que optimicen el uso de un determinado paisaje para abordar, por ejemplo, la integración de la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, la generación de energía, la protección del agua dulce y la resiliencia de los ecosistemas. La protección de una zona forestal permanente es probable que sea un desafío importante: potencialmente, para la humanidad algunos de los mejores lugares para vivir en el futuro serán los sitios en los que los bosques ahora están creciendo.

La cooperación mundial y los procesos normativos. Parece obvio que los acuerdos mundiales existentes sobre los bosques no sean suficientes, en particular, para abordar las cuestiones relacionadas con éstos en los próximos 20 años. La manera en que se aborda el vacío que existe actualmente es un desafío fundamental sobre las políticas. Pueden ser necesarios nuevos acuerdos internacionales que traten cuestiones como el acaparamiento de tierras a nivel mundial. Existe la necesidad de un mayor énfasis en el cumplimiento y aplicación de muchos acuerdos relacionados con los bosques, entre ellos, los acuerdos ambientales multilaterales. Se necesitan instituciones técnicas y científicas regionales y mundiales sólidas con mandatos claros para hacer frente a los desafíos ambientales, sociopolíticos y económicos más allá de las fronteras nacionales.

³ Los biocombustibles de tercera generación provienen de algas y otros microorganismos, entre otras cosas, tratan la degradación de los materiales de lignocelulosa, hemicelulosa y ricos en lípidos.

LA RESPUESTA DE LOS SUMINISTROS: IMPACTOS SOBRE LOS BOSQUES

En general, se espera una demanda muy amplia de los bienes y servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques y los árboles. La Tabla 1 indica las probables respuestas de los suministros posibles a este aumento de la demanda.

Una respuesta de los suministros, fundamental, será mantener los bosques naturales por sus servicios ecosistémicos cada vez más valiosos, entre ellos, la biodiversidad y la permanencia de las existencias de carbono y reducir los usos extractivos de ellos. A fin de satisfacer la creciente demanda de madera y fibra maderera, las plantaciones

forestales, la regeneración natural asistida, la restauración de los bosques degradados y la rehabilitación de las tierras degradadas, todo aumentará en importancia (Poore, 2003). Los bosques se convertirán en mucho más importante por sus servicios ecosistémicos y como fuente de fibra, y desde el punto de vista económico, cada

TABLA 1. Ordenación posible y respuestas de los suministros y sus repercusiones sobre los bosques en 2313

	Ahora hasta 2100	2100 a 2200	2200 a 2313
Deforestación debida a la explotación excesiva de madera y para proveer tierras para otros usos prioritarios	+++ → + Deforestación continua en las zonas tropicales, con cierto éxito en la reducción en el tiempo mediante REDD+ y nuevos e integrales programas forestales	+ → -- Deforestación inducida por el hombre, reducida a gran escala, pero aumentan las alteraciones climáticas. La superficie forestal aumenta en la mayoría de los países	-- → --- Los bosques plantados ordenados de manera sostenible se vuelven mucho más importantes. La mayoría de los bosques naturales remanentes se encuentran en reservas protegidas
Degradación de las tierras	++ → +++ Aumento de la degradación de las tierras de cultivo, principalmente en los países tropicales menos desarrollados. Restauración de las tierras degradadas en el mundo desarrollado	+++ → ++ Degradación continua debida al cambio climático, pero aumenta la restauración de las tierras degradadas por el aumento de valor de los terrenos	++ → + La degradación de la tierra sigue siendo un problema, pero la manera de reclamo de las tierras se ha mejorado mucho. Se aplican programas intensivos de rehabilitación
Pérdida de biodiversidad y hábitat	++ → +++ Pérdida continua de la biodiversidad y los hábitats en todos los biomas, disminuyendo hacia el final del período	+++ → ++ Pérdida continua, debido principalmente al cambio climático y a las especies invasoras que aumentan en todos los biomas forestales. Se aplican programas de conservación intensivos	++ → - Estabilización y en parte recuperación artificial de los hábitats y la biodiversidad
Vulnerabilidad de especies y ecosistemas	+ → ++ Aumento gradual de la vulnerabilidad en todos los biomas	++ → +++ Aumento gradual de la vulnerabilidad en todos los biomas, se elaboran sistemas de ordenación para minimizar las amenazas	+++ → +++ Amenaza continua, en particular en las zonas marginales, se elaboran sistemas de gestión para minimizar las amenazas
Aprovechamiento y uso de productos forestales	+ → ++ Aumento del uso y el comercio de la madera de construcción, de productos madereros, no madereros y leña	++ → +++ Desplazamiento de la producción hacia usos finales de mayor valor de fibra de madera y sus derivados; aumento del comercio basado en la ventaja comparativa	+++ → +++ Fibras y productos forestales no madereros de gran importancia para materiales de todo tipo; la mayoría del suministro de madera procede de bosques plantados
Bosques naturales	++ → ++ Ordenación integrada en zonas templadas y boreales, no tanto en los trópicos	++ → +++ Cambio en el énfasis de la ordenación de los bosques naturales hacia la prestación de servicios ecosistémicos	+++ → +++ Ordenación de la conservación de los bosques naturales; sistemas de protección forestal sofisticados, inducidos por el hombre
Bosques plantados, explotaciones forestales y bosques urbanos	+ → ++ Paisaje forestal: un crecimiento constante en todos los biomas; mayor domesticación de especies de árboles, desarrollo de los organismos genéticamente modificados para importantes especies plantadas	++ → +++ Se practican más ampliamente la reforestación comercial a gran escala, la reforestación y la agrosilvicultura	+++ → +++ Enfoque integral que implica la mejora de los sistemas de ordenación y de la silvicultura urbana; la atención se centra en los bosques plantados de árboles mejorados genéticamente
Protección de cuencas hidrográficas y de suelos	+ → ++ Integrada mediante REDD+ y el pago por servicios ecosistémicos; evolucionan los sistemas de ordenación a nivel de paisaje	++ → ++ La ordenación del paisaje es un enfoque intensivo, integral y bien aceptada en todos los biomas	++ → ++ La ordenación intensiva de capital y la protección de los paisajes son prioridades
Retención del carbono, garantizando la permanencia de depósitos de carbono	- → ++ Enfoques débiles mediante instrumentos de mitigación del cambio climático, entre ellos, REDD+ y enfoques de mitigación apropiados para cada país	++ → +++ Aumento de la consideración de carbono como un co-beneficio de la OFS	+++ → +++ Se garantiza la permanencia de los depósitos de carbono mediante la OFS
Otros valores pasivos, como la protección del clima y de los valores espirituales y recreativos	+ → + Reconocidos por las partes interesadas, pero subestimados a nivel de políticas	+ → ++ Reconocidos como externalidades locales y mundiales muy importantes	++ → ++ Considerados entre los principales valores de los bosques y un tema central de la OFS

Note: + y - indican el nivel de importancia y el cambio de una ordenación o respuesta del suministro al principio y al final de un período.



Una plantación de eucalipto en la India en 2008. La producción intensiva de fibra de madera será un elemento importante en el futuro

vez más van a ser competitivos con la agricultura. Las tierras degradadas serán más valiosas, en particular, para los bosques plantados.

¿QUÉ FUTURO LES ESPERA A NUESTROS BOSQUES?

Extensión de los bosques en 2313

La Tabla 2 indica la estimación de la extensión de los bosques del mundo en 2313 en aproximadamente 5 mil millones de hectáreas. El problema aquí no es tanto el aumento exacto más actual (1,2 mil millones de hectáreas), sino más bien la expectativa de que la cubierta forestal se amplíe y sea más importante en el futuro como un recurso renovable de gran versatilidad, y que el aumento se deba casi en su totalidad al aumento de los bosques plantados y de regeneración natural asistida, los sistemas agroforestales y los bosques urbanos. Si bien la competencia por la tierra es un tema importante hoy en día, esperamos que haya suficiente tierra disponible para una tal expansión de los bosques. Los cultivos agrícolas cada vez más se producirán utilizando los sistemas de producción intensiva (a menudo bajo techo), se practicará una mayor agricultura urbana, y la carne se producirá de

manera más eficiente. Sin embargo, mientras esperamos que la superficie total de tierra disponible sea suficiente, suponemos que esta tierra será de calidad variable y la mayor parte de ella requerirá restauración.

Christophersen (2010) señaló que existen más de mil millones de hectáreas de tierras forestales desmontadas o degradadas en todo el mundo. Los bosques podrían volver a crecer en la mayor parte de esas tierras si la demanda de bosques y árboles aumenta y la economía de la restauración se vuelve más favorable. En cuanto a los requisitos para una restauración eficaz a gran escala, Menz, Dixon y Hobbs (2013) propusieron un plan de cuatro puntos para garantizar que la restauración sostenga e impulse los valores ecológicos: identificar las regiones focales con serias exigencias de restauración, identificar lagunas de conocimiento y dar prioridad a las necesidades de investigación a fin de centrar los recursos en la creación de capacidades, crear centros de estudio sobre la restauración para sumar y difundir los conocimientos de la interacción entre ciencia y práctica, y asegurar la viabilidad de las políticas garantizando el reconocimiento de los valores económicos y sociales del funcionamiento de los ecosistemas restaurados. Estos puntos están

relacionados entre sí y pueden presentarse de forma paralela. En casi todos los casos, la replantación no replica el antiguo bosque, ni en la densidad de carbono ni en la biodiversidad pero ofrece una amplia gama de beneficios.

No prevemos una expansión lineal de la cubierta forestal en los próximos 300 años. La destrucción de los bosques a gran escala, se centró en los trópicos y tal vez continúe así hasta el año 2050. Para entonces, o muy poco después, se llegará a un punto de inflexión en el que los esfuerzos de las políticas para detener la deforestación en las tierras forestales naturales comenzarán a ser preocupantes. La recuperación se va a producir rápidamente, pero de forma desigual en todo el mundo.⁴ A continuación, se analizan los principales biomas forestales.

En el **bioma tropical húmedo**, el aumento de la población y de los ingresos influirá en el uso del suelo y de los

⁴ Un buen ejemplo de lo que es posible, es el rápido reverdecimiento de la República de Corea en el bienio 1960-1980 mediante una repoblación a gran escala y el programa forestal comunitario que se realizó cuando se les otorgó a miles de aldeas los derechos seguros sobre los resultados de sus esfuerzos de plantación (Gregersen, 1982, 1988; Lee, 2012).

TABLA 2. Distribución de los bosques, según categorías amplias, 2013 y 2313

Cubierta forestal, 2013					Total
Bosques primarios , económicamente inaccesibles o geográficamente demasiado remotos para un uso intensivo (principalmente bosques boreales y tropicales, también áreas forestales protegidas)	Mosaico de bosque/paisaje , bosques accesibles, en particular, bosques degradados y bosques secundarios/bosques sucesionales (principalmente en las zonas tropicales), utilizados fundamentalmente para leña y madera	Bosque (semi) natural bien ordenado , en particular, bosques secundarios naturales y semi-naturales (principalmente bosques boreales y templados)	Bosques plantados – forestación y reforestación para producción y/o protección (todas las regiones)	Agrosilvicultura y árboles en paisajes , en particular, los bosques urbanos y parques dispersos en las zonas urbanas (todas las regiones)	
< 800 millones ha	> 1 900 millones ha	> 700 millones ha	< 300 millones ha	< 100 millones ha	3,8 mil millones ha (29% de la superficie terrestre total)
Cubierta forestal prevista, 2313					Total
Bosques naturales , próximo al original, pero considerablemente afectado por el cambio climático; predominantemente sucesionales en lugar de bosques en equilibrio ecológico. Casi en su totalidad bajo protección	Mosaico de bosque/paisaje , con los bosques que crecen de forma natural en parcelas en paisajes secos (por ejemplo, a lo largo de los ríos, tierras boscosas); ordenadas principalmente para carbono y biodiversidad, a menudo por pequeños agricultores	Bosques naturales de regeneración asistida intensivamente ordenados y controlados y bosques plantados , en particular, bosques clonales de alto rendimiento, junto con bosques semi-naturales para fibra para usos diversos como construcción, muebles, bioplásticos, papel, prendas de vestir y aplicaciones de nanotecnología y para energía		Bosques y árboles urbanos , y agrosilvicultura, para el clima local, la calidad del aire, el agua y los valores recreativos y el uso ocasional de fibra de madera	
< 500 millones ha	> 1 000 millones ha	> 3 000 millones ha		> 500 millones ha	5 mil millones de ha (38% de la superficie terrestre total actual)

Fuente: Los datos para 2012 se basan en la FAO y el CCI, 2012; Blaser *et al.*, 2011; Forest Europe, la CEPE y la FAO, 2011. Obsérvese que la FAO (2010) ha estimado la superficie mundial de bosques primarios en 1,36 mil millones de hectáreas, en 2010.

bosques, en particular, en África y el Asia sudoriental, para 2100. Se puede prever que zonas importantes de bosques húmedos tropicales de la cuenca del Congo, que son relativamente accesibles, se convertirán en tierras agrícolas (Banco Mundial, 2012b). La cuenca del Amazonas, el Mekong y algunas de las principales islas de Indonesia también experimentarán una considerable pérdida de bosques en los próximos 50 a 100 años para dar paso a cultivos comerciales a fin de satisfacer la demanda mundial de alimentos, forraje y bioenergía. El cambio climático será una cuestión importante en estas regiones, no sólo para los bosques, sino también para la producción agrícola. La pérdida de biodiversidad y el hábitat se acelerará, y existe el riesgo de una completa degradación de la tierra, especialmente en la cuenca del Congo, donde un mosaico de sabana y bosque podría resultar la principal característica del paisaje, y en las tierras bajas de Asia sudoriental. Más allá de 2100, por el contrario, la mayor parte de la reforestación prevista se llevará a cabo en los trópicos, donde las especies arbóreas de crecimiento rápido pueden retener carbono rápidamente y producir fibra.

Los **biomas tropicales secos** pueden tener diferentes vías: algunas regiones recibirán más precipitaciones y humedad (por ejemplo, el Sahel), y algunos tendrán un mayor riesgo de sequía prolongada debido al cambio de la circulación atmosférica (por ejemplo, las zonas monzónicas del África y la India Oriental). Los bosques tropicales semiáridos y semihúmedos, en particular, en el subcontinente indio y en partes de América Central y América del Sur austral, serán uno de los ecosistemas forestales más vulnerables, debido a los eventos extremos. En general, los biomas tropicales secos se expandirán en la zona, pero es probable que la cubierta forestal se reduzca.

Los **biomas templados** hospedarán los bosques naturales con las mejores posibilidades de adaptación a los grandes cambios climáticos y con más esperanza de garantizar la permanencia de las existencias de carbono. En algunas regiones, los bosques en los biomas templados se expandirán en la zona boreal. En Europa, por ejemplo, las especies arbóreas dominantes como el haya (*Fagus sylvatica*) y varias especies de roble (*Quercus spp.*) y pino de zona templada, entre otros, se

ampliarán desde el Mediterráneo hasta el sur de Suecia y desde el extremo oeste hasta los Urales en Rusia. Esto permitirá intercambiar ecotipos en el contexto del cambio climático proyectado como medidas de adaptación planificadas.

Lo que hoy es el área central de los **bosques boreales** se volverá vulnerable a causa de la mayor frecuencia de las sequías estivales y los inviernos suaves (Barnett, Adams y Lettenmaier, 2005) y de incendios más frecuentes e intensos. Sin embargo, en el sur, en la zona de transición, las especies arbóreas de hoja caduca pueden ocupar nichos que han quedado después de la desaparición de los bosques de coníferas. En las zonas de transición hacia el norte (tundra), los bosques de coníferas se expandirán en dirección norte, aunque muy lentamente y sin ningún aumento importante en la biomasa, carbón o suministro de madera mundial. Crecerán nuevos bosques sucesionales en Siberia, Alaska y Groenlandia, aunque estos bosques de crecimiento lento tendrán un efecto relativamente pequeño en la solución de los problemas mundiales de 2313.

Calidad de los bosques

Si bien la degradación de los bosques inducida por el hombre, hoy en día, es un problema y lo será durante los próximos 50 años, el cambio climático tendrá mayores repercusiones sobre la calidad de los bosques a largo plazo. En un mundo con una temperatura promedio de 18 °C, los tipos de bosque en equilibrio ecológico ricos de biomasa en todos los biomas forestales serán reemplazados por bosques sucesionales caracterizados por una menor biomasa y existencias de carbono más bajas y también, a menudo, por la disminución de la biodiversidad. Sin embargo, esos bosques tendrán que cumplir las mismas funciones que los bosques actuales, por ello, se necesitarán más bosques, por lo menos para garantizar las existencias permanentes de carbono. Uno de los desafíos será abordar la vulnerabilidad de los bosques, en particular, los incendios forestales, las plagas y las enfermedades, y restaurar los ecosistemas forestales degradados. Otra será el de garantizar que la cubierta forestal sea un uso competitivo de la tierra – de lo

contrario no se ampliará en la medida que predecimos. Tal vez se necesiten nuevos enfoques de ordenación forestal (véase debajo), y todos los servicios de los ecosistemas prestados por los bosques tendrán que ser monetizados.

El desarrollo de los bosques plantados, los sistemas agroforestales y los bosques urbanos

Son muchas las preocupaciones legítimas que surgen acerca de los posibles daños ecológicos, sociales y económicos de los bosques plantados, pero se han acumulado experiencias suficientes para evitar estas repercusiones negativas en el futuro (Evans, 2009). En nuestra predicción para 2313, habrá 3 000 mil millones de hectáreas de bosques plantados de manera intensiva y bosques de regeneración natural asistida, de los cuales aproximadamente 2 mil millones de hectáreas serán bosques plantados para la producción de madera y bienes y servicios no madereros, entre ellos, la protección de las cuencas hidrográficas y del suelo, la recreación y la retención de carbono. En el futuro,

grandes superficies de tierras degradadas, serán forestadas y reforestadas mediante esfuerzos comunitarios, privados y gubernamentales. Existe un enorme potencial para la domesticación de una amplia gama de especies que requieren luz, especialmente en las zonas tropicales, en géneros como *Ochroma*, *Schizolobium*, *Terminalia*, *Trema* y muchos otros, y el mejoramiento genético de los géneros ya ampliamente plantados, como *Acacia*, *Eucalyptus*, *Cunninghamia*, *Picea*, *Pinus*, *Populus* y *Tectona*. Se pueden aumentar en gran medida los rendimientos de la madera y la resiliencia ecológica mediante la mejora genética, la adecuación de la especie al terreno y la silvicultura. Asimismo, será necesario encontrar modos de aumentar la diversidad y biomasa de otras plantas y fauna asociadas. La silvicultura urbana será cada vez más importante para la mejora de la habitabilidad de los entornos

Sistema de ordenación del monte bajo de haya (Fagus silvatica) en la ex República Yugoslava de Macedonia, 2012. Este tipo de ordenación basada en la resiliencia para la producción de fibra de madera será muy difundido en 2313



de la ciudad y la realización de una amplia gama de servicios ecosistémicos y sociales.

¿Qué tipo de ordenación será necesaria para sostener los bosques?

Puesto que los bosques naturales se vuelven más vulnerables y frágiles a causa del rápido ritmo de cambio, especialmente del cambio climático, el mantenimiento de la producción de bienes forestales y servicios ecosistémicos probablemente dependerá cada vez más de las intervenciones y del ingenio humano. La ciencia y la reforma de gobernanza desempeñarán una función importante. Los profesionales especializados en las actividades forestales y los productos forestales requerirán disciplinas como la biología, la silvicultura, la fisiología, la genética, la pedología, la entomología, la bioquímica, la nanotecnología, la tecnología de la información, la silvicultura urbana, la ordenación del paisaje y la economía de recursos. Si bien se necesitarán profesionales forestales altamente calificados, también habrá mucha más ordenación a nivel local que hará pleno uso de los conocimientos locales y tradicionales y la investigación y la interacción interdisciplinarias. Además, los encargados de la gestión forestal necesitarán aptitudes sociales ejemplares, en particular, en la gestión de conflictos.

En el futuro, la gobernanza forestal, la ordenación y la formulación de políticas se enfrentarán a muchos desafíos serios. La optimización de diversos objetivos en la ordenación, en particular, las nuevas cuestiones, como la resiliencia de las especies arbóreas, que garantizan la permanencia de los depósitos de carbono, y que optimizan la producción de materiales madereros, exigirá nuevas y/o renovadas consideraciones de la ordenación forestal. Algunas «nuevas» formas de ordenación forestal podrían provenir del pasado. En Europa Central, por ejemplo, los sistemas *hochwald* (bosque alto) puede que se conviertan de masas regulares a masas irregulares o para el tratamiento de bosque bajo como una forma de reducir la vulnerabilidad al cambio ambiental y al cambio de objetivos económicos. En los bosques tropicales, la ordenación de los bosques secundarios jóvenes en combinación con plantaciones de enriquecimiento podrían originar nuevas formas de actividad forestal de corta rotación, en las que un máximo

de biodiversidad puede ser conservada y puede ser mantenido un nivel óptimo de biomasa. Los encargados de la gestión forestal, especialmente, tendrán que ser versátiles y capaces de adaptarse mientras desarrollan y aplican nuevos métodos de ordenación forestal que respondan mejor a las condiciones cambiantes.

CONCLUSIÓN

Con sus importantes funciones de protección y producción, los bosques desempeñarán una función esencial a nivel mundial en los próximos 300 años y más allá. El conocimiento del arte y la práctica de la ordenación sostenible de los bosques serán de gran demanda. Como uno de los principales recursos naturales renovables disponibles a la humanidad, se prevé que los bosques ayudarán a mitigar el cambio climático, protegerán el suelo y el agua, proporcionarán aire limpio, conservarán la biodiversidad, contribuirán a mantener la salud mental de los seres humanos, y producirán fibra de madera y otros productos. Por ello, en 2313 prevemos que:

- Los bosques naturales seguirán existiendo, pero, en gran medida, los tipos de bosque en equilibrio ecológico, como los bosques primarios, habrán desaparecido, debido principalmente a los ciclos forestales más cortos causados por el aumento de las alteraciones (relacionadas con el clima). Prevemos que los bosques naturales cubrirán alrededor de 500 millones de hectáreas, principalmente en las zonas boreales y templadas de Europa, Siberia y América del Norte y en las zonas tropicales (en particular, la cuenca del Amazonas y las zonas montañosas de Borneo y Nueva Guinea). Se hallarán sobre todo en las áreas protegidas, con mínimo aprovechamiento de la madera, y proporcionarán servicios ecosistémicos importantes. Las reformas jurídicas garantizarán que las comunidades indígenas mantengan sus relaciones culturales con esos bosques.
- Los bosques semi-naturales y plantados, como recursos naturales renovables, proporcionarán grandes cantidades de madera y fibra de madera. Los bosques urbanos aportarán beneficios recreativos y espirituales y servirán como amortiguadores climáticos.

- En general, la superficie forestal se habrá incrementado de aproximadamente 5 mil millones de hectáreas, aunque los bosques tendrán menos biomasa por unidad de superficie que los bosques naturales en la actualidad. Los ciclos de vida de los bosques y especies arbóreas se reducirán y serán sometidos a una dinámica constante de las alteraciones climáticas y bióticas.
- La gobernanza forestal, a nivel regional y mundial, seguirá siendo un tema clave. La redistribución de la propiedad y los derechos y responsabilidades mejor definidos aumentarán los esfuerzos para proteger, invertir y utilizar los recursos forestales con prudencia.

La hipótesis descrita en este artículo es optimista (aunque algunos elementos, como la pérdida de los bosques primarios, sean deprimentes), pero no es un escenario imposible y ni siquiera improbable. Cabe suponer que el roble en la meseta suiza, el sipo en el Congo septentrional y el abeto en la Siberia occidental no verán el comienzo del siglo XXIV, pero los bosques – aunque diferentes a los de hoy – se extenderán. El futuro de la humanidad dependerá en gran medida del modo en que se tratan sus bosques. Aún hay tiempo y capacidades para poner en práctica la ordenación forestal sostenible. Los forestales de hoy y de mañana tienen mucho trabajo por hacer.

AGRADECIMIENTOS

Una versión más larga, más detallada de este trabajo se benefició de los comentarios de numerosos colegas. Agradecemos, en particular, las concienzudas revisiones de Keith Anderson, Ken Andrasko, Brian Belcher, Jeff Burley, Neil Byron, Jim Carle, Paola Deda, Hosny El Lakany, Anton Hilber, Marko Katila, Godwin Kowero, Jag Maini, Duncan Poore, Alastair Sarre, Patrick Sieber, Markku Simula, Thomas Stadtmüller y Astrid Zabel. Cualquier error en las predicciones para 2313 es solo de los autores, que asumirán toda la responsabilidad si se demuestra lo contrario. ♦



Bibliografía

- Adams, J.** 1997. *Global land environment since the last interglacial*. USA, Oak Ridge National Laboratory (disponible en www.esd.ornl.gov/ern/qen/nerc.html).
- Attali, J.** 2011. *A brief history of the future: a brave and controversial look at the twenty-first century*. (Translated by J. Leggatt). New York, USA, New Arcade Publishing.
- Barnett, T.P., Adam, K.C. & Lettenmaier, D.P.** 2005. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, 438: 303–309.
- Bergengren, J.C., Waliser, D.E. & Yung, Y.L.** 2011. Ecological sensitivity: a biospheric view of climate change. *Climatic Change*, 107: 433–457.
- Blaser, J., Sarre, A., Poore, D. & Johnson, S.** 2011. *Status of tropical forest management 2011*. ITTO Technical Series No. 38. Yokohama, Japan, International Tropical Timber Organization.
- Bruinsma, J.** ed. 2003. *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective*. Rome, FAO and London, Earthscan Publications.
- Christophersen, T.** 2010. Addressing degradation as an opportunity: perspectives from the Global Partnership on Forest Landscape Restoration. Presentación en el evento paralelo de CIFOR y la FAO en Bonn sobre el Cambio Climático. 1 de Junio de 2010.
- Ellison, D., Futter, M.N. & Bishop, K.** 2011. On the forest cover–water yield debate: from demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology*, 18(3): 806–820. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x.
- Evans, J.** ed. 2009. *Planted forests: uses, impacts and sustainability*. Roma, FAO and London, CABI.
- FAO.** 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Informe principal. Estudio FAO Montes No. 163. Roma.
- FAO & JRC.** 2012. *Cambio de uso de las tierras forestales mundiales 1990–2005*, by E.J.Lindquist, R. D’Annunzio, A. Gerrand, K. MacDicken, F. Achard, R. Beuchle, A. Brink, H.D. Eva, P. Mayaux, J. San-Miguel-Ayán & H.-J. Stibig. Estudio FAO Montes 169. Roma, FAO y European Commission Joint Research Centre.
- Forest Europe, UNECE & FAO.** 2011. *State of Europe’s forests 2011: status and trends of sustainable forest management in Europe*. Oslo, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- Gregersen, H.** 1982. *Village forestry development in the Republic of Korea*. Document GCP/INT/347/SWE. Roma, FAO.
- Gregersen, H.** 1988. Village forestry development in the Republic of Korea: a case study. In L. Fortmann & J. Bruce, ed. *Proprietary dimensions of forestry*, pp. 225–233. Boulder, USA, Westview Press.
- Gregersen, H., El Lakany, H., Bailey, L. & White, A.** 2011. *The greener side of REDD+: lessons for REDD+ from countries where forest area is increasing*. Washington, DC, Rights and Resources Initiative.
- IEA.** 2010. *Renewable energy information 2010*. International Energy Agency (disponible en: www.iea.org/stats/index.asp). DOI: 10.1787/renew-2010-en.
- Lee, D.K.** 2012. Contribución del sector forestal a una visión orientada a las bajas emisiones de carbono y al crecimiento verde en la República de Corea. *Unasylyva*, 63 (239): 9–16.
- McEvedy, C. & Jones, R.** 1978. *Atlas of world population history*. Penguin (datos reproducidos en: www.worldhistorysite.com/population.html).
- Menz, M., Dixon, K. & Hobbs, R.** 2013. Hurdles and opportunities for landscape-scale restoration. *Science*, 339(6119): 526–527.
- OECD.** 2012. Medium and long-term scenarios for global growth. *OECD Economic Outlook*, 2012/1. Paris, Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Poore, D.** 2003. *Changing landscapes: the development of the International Tropical Timber Organization and its influence on tropical forest management*. London, Earthscan Publications.
- Putz, F.E.** (de próxima publicación). Futures of forestry and forests in the tropics. *Biotropica*.
- Salim, E. & Ullsten, O.** 1999. *Our forests, our future: report of the World Commission on Forests and Sustainable Development*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- The Conference Board.** 2012. *The global economic outlook 2013* (www.conference-board.org/data/globaloutlook.cfm).
- Toffler, A.** 1980. *The third wave*. Bantam Books.
- Tudge, C.** 2007. *Feeding people is easy*. Paris, UN. 2004. *World population to 2300*. New York, UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Wirsenius, S., Azar, C. & Berndes, G.** 2010. How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural Systems*, 103(9): 621–638.
- Worldwatch Institute.** 2011. *State of the world 2011: innovations that nourish the planet*. Washington, DC.
- World Bank.** 2012a. *Turn down the heat: why a 4°C warmer world must be avoided*. A report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. Washington, DC.
- World Bank.** 2012b. *Deforestation trends in the Congo Basin: reconciling economic growth and forest protection* (también disponible en: www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/Nov2012). Washington, DC.
- WRI.** 1997. *The last frontier forests: ecosystems and economies on the edge*. Washington, DC, World Resources Institute. ♦