



Organización
de las Naciones Unidas
para la Agricultura
y la Alimentación

Revista internacional
de silvicultura
e industrias
forestales

Vol. 60

2009/1-2

231/232

Redactora: A. Perlis

Junta Consultiva sobre Política de Edición:

F. Castañeda, T. Hofer, D. Kneeland,

A. Perlis, T. Vahanen, 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, P. Koné,

K. Prins

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

Índice

Editorial	3
<i>P. Bernier y D. Schoene</i> La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto	5
<i>B. Osman-Elasha</i> Los impactos del cambio climático, la adaptación y los vínculos con el desarrollo sostenible en África	12
<i>D. Konkin y K. Hopkins</i> Aprender cómo hacer frente a las perturbaciones derivadas del cambio climático y a otros fenómenos catastróficos que afectan a los bosques	17
<i>M. van Zonneveld, J. Koskela, B. Vinceti y A. Jarvis</i> Repercusiones del cambio climático en la distribución de los pinos tropicales en Asia sudoriental	24
<i>M.S. Devall</i> Efectos del cambio climático mundial en los árboles y arbustos raros	29
<i>M. Silveira Wrege, R.C.V. Higa, R. Miranda Brites, M. Cordeiro Garrastazu, V.A. de Sousa, P.H. Caramori, B. Radin y H.J. Braga</i> El cambio climático y la conservación de <i>Araucaria angustifolia</i> en Brasil	30
<i>D.I. Nazimova, O.V. Drobusheskaya, G.B. Kofman y M.E. Konovalova</i> Estrategias de adaptación del bosque: análisis de la sucesión post-incendio a largo plazo en Siberia meridional (Federación de Rusia)	34
<i>J. Régnière</i> Predicción de la distribución continental de insectos a partir de la fisiología de las especies	37
<i>C.D. Allen</i> Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento?	43
<i>A. Yanchuk y G. Allard</i> Los programas de mejoramiento de árboles para la salud de los bosques: ¿pueden seguir el mismo ritmo de los cambios climáticos?	50
<i>G.M. Blate, L.A. Joyce, J.S. Littell, S.G. McNulty, C.I. Millar, S.C. Moser, R.P. Neilson, K. O'Halloran y D.L. Peterson</i> La adaptación a los efectos del cambio climático en los bosques nacionales de los Estados Unidos de América	57
<i>S. Mansourian, A. Belokurov y P.J. Stephenson</i> La función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático	63

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 Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la División de Comunicación de la FAO.

Los artículos expresan las opiniones de sus autores, y no representan necesariamente las de la FAO.

Las denominaciones empleadas y la forma en que se presentan los datos no implican, de parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, ciudades y zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las publicaciones de la FAO que aparecen en las reseñas de *Unasylva* se pueden adquirir en los Puntos de venta de publicaciones de la FAO que aparecen en el interior de la contracubierta. La FAO satisfará los pedidos provenientes de países donde no los haya.

Los pedidos se han de dirigir al Grupo de Ventas y Comercialización, División de Comunicación, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma (Italia).

Tel.: (+39) 06 57051;

Fax: (+39) 06 5705 3360;

Télex: 625852/625853/610181 FAOI

Correo electrónico: publications-sales@fao.org

B.A. Gyampoh, S. Amisah, M. Idinoba y J. Nkem

Aplicando los conocimientos tradicionales para afrontar el cambio climático en las zonas rurales de Ghana 70

M. Idinoba, F. Kalame, J. Nkem, D. Blay e Y. Coulibaly

Cambio climático y productos forestales no madereros: vulnerabilidad y adaptación en África occidental 75

M. Maroschek, R. Seidl, S. Netherer y M.J. Lexer

Repercusiones del cambio climático en los bienes y servicios proporcionados por los bosques de montaña de Europa 76

Actividades forestales de la FAO 81

El mundo forestal 86

Libros 89

Adaptación al cambio climático

Las pruebas de que los efectos acumulados de las actividades humanas están modificando el clima mundial se han vuelto todo menos que irrefutables. ¿Qué significa esta constatación para los bosques del mundo? ¿Una sombría amenaza o una oportunidad de crecimiento? A falta de certeza, la respuesta depende del punto de vista adoptado.

La cuestión de cómo se adaptarán los bosques y las poblaciones que de ellos dependen al cambio climático constituye cada vez más un campo de investigaciones que en muchas conferencias recientes ha ocupado un lugar central. Una de éstas, la conferencia internacional sobre Adaptación de los Bosques y la Ordenación Forestal al Clima Cambiante, con Énfasis en la Salud de los Bosques: un Examen de la Investigación, Políticas y Prácticas (Umeå, Suecia, agosto de 2008) ha representado la fuente del contenido de este número doble de *Unasylva*. La conferencia fue organizada por la FAO, la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) y la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, y reunió a más de 300 investigadores, gestores y encargados de la adopción de decisiones provenientes de 50 países.

Este número comprende una muestra variada de las ponencias presentadas en la conferencia de Umeå. Los lectores interesados encontrarán distintos materiales, de un carácter generalmente más técnico, así como otros pormenores relativos a algunos de los estudios reseñados aquí, en los números de próxima aparición de *Forest Ecology and Management* y *Forest Policy and Economics*. Ambos títulos fueron planificados en coordinación con *Unasylva* en sustitución de las actas publicadas.

Asuntos clave. El primer artículo, de P. Bernier y D. Schoene, resume las observaciones de la conferencia de Umeå. Tras un examen de conjunto de los impactos del cambio climático (que, a lo largo de este número, supone asimismo la variabilidad climática) en los ecosistemas forestales, sus bienes y servicios, y las personas y los medios de vida, el artículo evalúa las medidas de adaptación planificada de las prácticas de ordenación forestal. Se analiza el papel que juega la investigación en apoyo de la adaptación planificada y la necesidad de modificar las políticas y las instituciones. Los autores hacen hincapié en que los países y los sectores deben afrontar esta cuestión mediante acciones en común, y en que es necesario reducir la brecha que separa países desarrollados y en desarrollo en cuanto a capacidad científica, de planificación y operacional en materia de adaptación.

El segundo artículo, elaborado por B. Osman-Elasha para su exposición de apertura, examina los impactos pronosticados del cambio climático en África y los nexos entre cambio climático y desarrollo sostenible. Aunque el artículo no se centra en el sector forestal en cuanto tal, dichos nexos deben ser tomados en cuenta por aquellos a quienes incumbe la adaptación del sector forestal al cambio climático en los países en desarrollo. El artículo define algunos términos esenciales: vulnerabilidad, adaptación, capacidad de adaptación. El mensaje principal es que, dado que el cambio climático supone una limitación para el desarrollo, y siendo el desarrollo sostenible un elemento fundamental de la capacidad de mitigación y adaptación,

es preciso enfrentar los problemas del desarrollo sostenible y del cambio climático simultáneamente.

Un brote de escarabajo del pino de montaña en 13 millones de hectáreas en la provincia de Columbia Británica (Canadá) ejemplifica los efectos devastadores que puede tener el recalentamiento del clima en el paisaje, la industria forestal y las comunidades que dependen de los bosques. D. Konkin y K. Hopkins, recapitulando otra exposición de apertura de Umeå, resumen los desafíos que han debido ser afrontados y las lecciones que se han extraído. La epidemia ha llevado a reconocer que es indispensable crear capacidad de resiliencia en los ecosistemas, en las personas y en las comunidades, y ha forzado a los gestores forestales de Columbia Británica a ampliar sus conceptos y enfoques. Además de las inversiones para reforestar las zonas afectadas, las respuestas del gobierno han hecho hincapié en la recuperación del valor económico de los árboles muertos a través de medidas para un rápido aprovechamiento de la madera, la promoción del uso de la madera en las construcciones y la diversificación económica en las comunidades que dependen del bosque.

Repercusiones en la composición y distribución de las especies forestales. El siguiente grupo de artículos pone de relieve algunas acciones destinadas a predecir los efectos del cambio climático en los ecosistemas y en la distribución de las especies forestales. M. van Zonneveld y colaboradores utilizan los modelos climáticos de envoltura para predecir posibles modificaciones en dos especies tropicales de pino en Asia sudoriental: *Pinus kesiya* y *Pinus merkusii*. Se buscaba no solo anticipar cuáles podrían ser las repercusiones sino también señalar oportunidades, por ejemplo el potencial de realizar plantaciones de pinos en zonas donde antes estas especies no podrían arraigar.

M. Silveira Wrege *et al.* aplicaron la cartografía de la vulnerabilidad climática a la predicción de las zonas de Brasil donde el cambio climático podría tener efectos más acusados en la *Araucaria angustifolia*, con el propósito de que tales zonas pudiesen recibir una atención prioritaria en las actividades de conservación.

Una contribución breve de M. Devall resume de qué modo puede el cambio climático mundial ocasionar un aumento de la vulnerabilidad en árboles y arbustos raros –que son los que más precisan de los esfuerzos de conservación– debido a la exigüidad de sus poblaciones, la especialización de su hábitat o su limitado ámbito geográfico. D.I. Nazimova *et al.* analizan la sucesión post-incendio durante un período de 350 años en los bosques de la subtaiga de Siberia meridional (Federación de Rusia) para predecir cómo podría influir el aumento de la frecuencia de los incendios (una consecuencia probable del cambio climático) en la composición forestal futura, puesto que el fuego es el principal factor que determina la biodiversidad, la regeneración y las especies arbóreas dominantes en esos bosques. Los planes de gestión adaptativa deberán por lo tanto subrayar la necesidad de disponer de mecanismos de protección contra los incendios en esta zona.

Repercusiones en la salud de los bosques. El clima cambiante influirá asimismo en los bosques a causa de sus repercusiones en otros factores bióticos tales como las plagas y enfermedades. En algunas zonas, el cambio climático ya está ofreciendo a las especies de insectos un número siempre mayor de hábitats hospitalarios, mientras que la ampliación de los intercambios comerciales mundiales está facilitando aún más los desplazamientos de las especies. J. Régnière, uno de los ponentes principales de la conferencia de Umeå, describe un método de predicción de la distribución de las plagas de insectos

bajo condiciones de cambio climático basado en las respuestas fisiológicas de los insectos a factores climáticos específicos. Observa el autor que es de esperar que el ámbito de distribución de la mayoría de las especies registre un desplazamiento hacia los polos y hacia altitudes más elevadas, y que las repercusiones más marcadas de esta modificación se notarán en las regiones templadas; sin embargo, las alteraciones en la distribución no implican necesariamente que el número de plagas en el mundo haya de aumentar.

C.D. Allen ha determinado que, más allá de las repercusiones que pueda tener la expansión de las poblaciones humanas y de las economías, los cambios climáticos que siguen produciéndose están influyendo en la situación de los bosques en todos los lugares del mundo. El autor describe las pautas a que obedece la muerte regresiva (tasas de mortalidad de árboles muy por encima de lo normal), la cual se relaciona primordialmente con la sequía y las temperaturas más cálidas. Pese a que el conocimiento actual limita las conclusiones relativas a las tendencias de mortalidad forestal, Allen indica que muchos bosques y tierras arboladas se encuentran hoy en condiciones más agudas de riesgo de muerte regresiva inducida por el clima. Un mapa ilustrado demuestra este fenómeno con ejemplos sacados de todos los continentes arbolados.

Cómo puede intervenir la ciencia y la política. ¿Conseguirán los programas de mejoramiento de árboles compensar los efectos de los nuevos problemas relacionados con la salud forestal que, según las predicciones, surgirán de resultados del cambio climático? Basándose en un estudio de los programas existentes destinados a crear mecanismos de resistencia a plagas y enfermedades en árboles, A. Yanchuk y G. Allard observan que los mayores avances –logrados tras labores extendidas durante décadas– han tenido por objeto tan sólo un pequeño número de las principales especies comerciales. El artículo señala que en un mundo de clima rápidamente cambiante, y debido a las nuevas introducciones de plagas de insectos y enfermedades y al incremento de daños ocasionados por las plagas de insectos autóctonos, las soluciones pasadas a que se ha estado recurriendo podrían no representar remedios suficientemente rápidos. Los autores recomiendan que las investigaciones se concentren en las formas de resistencia más generales contra diversas clases de insectos o enfermedades, y sugieren ponerlas a punto antes de que se produzcan los brotes.

G.M. Blate *et al.* proponen opciones prácticas para adaptar las metas y procedimientos de la ordenación forestal a los impactos esperados del cambio climático, con arreglo a la gama de cambios climáticos que se han identificado para los bosques nacionales en los Estados Unidos de América. Los autores bosquejan medidas de adaptación a corto plazo para crear resistencia y resiliencia, y medidas de adaptación a largo plazo para manejar los cambios que se producirían cuando los umbrales de resiliencia son sobrepasados. Hacen hincapié en la necesidad de reforzar las relaciones entre investigación científica y ordenación forestal; de evaluar las compensaciones y las acciones sinérgicas entre las alternativas de mitigación y adaptación; de recurrir a mecanismos de adopción de decisiones participativos para atender a todas las preocupaciones manifestadas por las partes interesadas; y de fijar resultados realistas sopesando las cosas que es posible llevar a cabo y las que no, dado que los recursos financieros y humanos son limitados.

S. Mansourian, A. Belokurov y P.J. Stephenson examinan la función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático inspirándose en ejemplos sacados de la labor desarrollada en todo el mundo por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).

Los autores sintetizan una gama de respuestas normativas de ordenación encaminadas a asegurar que, ante el cambio climático, las áreas forestales protegidas puedan seguir ejerciendo su función de lugares conservadores de la biodiversidad; por ejemplo, si se diseñasen, planificasen y ordenasen unas áreas protegidas dotadas de capacidad de resiliencia mayor en el seno de paisajes donde las especies pudiesen gozar de una más amplia libertad de movimiento. Los autores hacen observar que en tiempos futuros, en los que al cambio climático se sumarán las presiones ejercidas sobre los recursos naturales por el aumento demográfico, la viabilidad de las áreas protegidas estará supeeditada a la pertinencia directa que éstas pudieren tener para las comunidades humanas que viven o dependen de ellas.

Adaptación de las comunidades. ¿Qué acciones pueden llevar a cabo las comunidades para adaptarse? B.A. Gyampoh y colaboradores realizaron una encuesta en 20 comunidades rurales en Ghana con el propósito de examinar el uso de los conocimientos tradicionales para hacer frente a los efectos del cambio climático, sobre todo la escasez de agua. Las poblaciones indígenas viven en contacto con la naturaleza y son a menudo las primeras en notar los cambios y en adaptarse a ellos. Especialmente en países en desarrollo donde la tecnología está menos desarrollada, las estrategias de adaptación y los modos de hacer frente a los cambios podrían reforzarse combinado el conocimiento científico con el saber indígena. Los autores hacen un llamamiento a que se realicen nuevos estudios de integración de las medidas de adaptación indígenas con las estrategias mundiales de adaptación y la investigación científica.

M. Idinoba *et al.* examinan brevemente las repercusiones del cambio climático en las comunidades que dependen de los productos no madereros (PFNM) en África occidental. Citan una investigación realizada en Burkina Faso que ha mostrado que la distribución, disponibilidad y productividad de algunas especies de las que se obtienen PFNM ha mermado debido, en parte, al cambio climático. Los autores describen las prácticas de ordenación y conservación forestal adoptadas para reducir las situaciones de vulnerabilidad.

El número concluye con un estudio exhaustivo de la sensibilidad del ecosistema al cambio climático, sus probables repercusiones futuras en los bienes y servicios y las eventuales opciones de adaptación destinadas a un ecosistema particularmente vulnerable: los bosques de montaña. Concentrándose en los bosques de montaña mediterráneos templados de Europa, M. Maroschek y colaboradores hacen notar la importancia de escoger especies y material reproductivo idóneo; adaptar los programas de espaciado, cuidados y raleo a las condiciones climáticas pronosticadas; adoptar procedimientos rutinarios preventivos (por ejemplo, seguimiento de plagas) y curativos (por ejemplo, cortas de saneamiento, control de plagas) contra la posibilidad de disturbios intensificados; y apoyar las opciones de gestión adaptativa mediante la reducción de los efectos ejercidos por otros agentes de presión gracias a la adopción de prácticas de ordenación ambiental integrada.

En este número especial también las secciones acostumbradas sobre Actividades forestales de la FAO, El mundo forestal y Libros destacan el tema de los bosques y el cambio climático.

El cambio climático es como una diana en movimiento; será pues necesario evaluar cuáles serán los riesgos y reducir la vulnerabilidad ante los cambios augurados. Esperamos que los conocimientos que aquí se exponen puedan ayudar al sector forestal a prepararse para hacer frente a los cambios que se anuncian.

La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto

P. Bernier y D. Schoene

Una síntesis de las observaciones formuladas en la conferencia internacional sobre Adaptación de los Bosques y la Ordenación Forestal al Clima Cambiante, con Énfasis en la Salud de los Bosques, celebrada en Umeå (Suecia), en agosto de 2008.

Se prevé la posibilidad de que la adaptación de los bosques a las futuras condiciones medioambientales o sociales dimanantes del cambio climático se traduzca en alteraciones profundas en la forma y los propósitos con los que se realizan las actividades forestales en muchos lugares del mundo. Junto con el clima, los cambios perceptibles en la vida de los árboles, resultantes de las modificaciones medioambientales, harán que la ordenación forestal sostenible represente un objetivo difícil de definir con exactitud.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) llegó a la conclusión de que el recalentamiento del clima es un hecho inequívoco y que es debido con toda probabilidad al aumento observado de la concentración de gases de efecto invernadero de origen antrópico en la atmósfera. Además del alza de las temperaturas mundiales promedio, se han constatado igualmente cambios apreciables en las temperaturas diurnas, nocturnas y estacionales; la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor, sequías e inundaciones; las pautas de los vientos y tempestades; la cubierta de escarcha, nieve y hielo, y el nivel mundial de los mares.

El recalentamiento antropogénico del clima ya ha causado numerosas alteraciones en los bosques. Los bosques responden –junto con las personas, las sociedades y las actividades vinculadas a los bosques– con sensibilidad al cambio climático porque son ecosistemas de grandes dimensiones que se encuentran a menudo en lugares marginales, su vida es prolongada y han sido objeto de una ordenación exhaustiva. El IPCC calificó los bosques boreales, de montaña (véase el artículo de Maroschek *et al.* en este mismo número), mediterráneos, de manglares y pluviales tropicales como los ecosistemas más propensos a ser afectados por el cambio climático.

Como fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, los bosques también ejercen influencia en el cambio climático cuando son destruidos, o por el contrario, como sumideros de carbono cuando crecen y se expanden. El Plan de Acción de Bali, adoptado en la 13ª Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) propuso en 2007 que los bosques en los países en desarrollo se considerasen instrumento esencial para la mitigación del cambio climático. Entre las actividades recientes contempladas en el mencionado plan está la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques y la conservación e incremento de las existencias de carbono mediante la ordenación forestal sostenible.

Millones de habitantes indígenas dependen directamente de los bosques y de sus productos. En un sentido amplio, los bosques contribuyen al bienestar humano dado que proporcionan una gama bien conocida de servicios. La adaptación de los bosques al cambio climático tiene, en consecuencia, una importancia fundamental. En el plano local, la ordenación forestal y la silvicultura influirán probablemente en el secuestro de carbono por los árboles, en la forma en que los bosques reaccionan ante el cambio climático y en los servicios que los bosques proporcionan a la población. Es en este punto donde deben confluir la mitigación y la adaptación.

Las observaciones y proyecciones actuales arrojan una estimación primera de las medidas que será preciso adoptar para hacer frente a los problemas que se plantean en el sector forestal y que posteriormente interesarán también otros sectores. Aunque las perspectivas son inciertas, las acciones que se lleven a cabo hoy en día en los bosques representarán un nexo entre

Pierre Bernier es Científico investigador del Centro Forestal de las Laurencianas, Servicio Forestal Canadiense, Recursos Naturales Canadá (Quebec). El Sr. Bernier fue cedido a la FAO (Roma) en calidad de experto visitante durante seis meses en 2008, y contribuyó a la organización de la conferencia de Umeå (Suecia), en cuyos trabajos se ha basado el presente número de *Unasylva*.

Dieter Schoene, especialista en bosques y cambio climático, se jubiló del Departamento Forestal de la FAO en 2007. Fue ponente principal en la conferencia de Umeå.

las generaciones actuales y futuras, ya que con ellas se subraya la necesidad de incorporar la adaptación al cambio climático a las prácticas de ordenación forestal presentes.

Estos han sido los problemas debatidos en agosto de 2008 con ocasión de la conferencia internacional sobre Adaptación de los Bosques y la Ordenación Forestal al Clima Cambiante, con Énfasis en la Salud de los Bosques: un Examen de la Investigación, Políticas y Prácticas (véase www.forestadaptation2008.net) que reunió a cerca de 330 investigadores, gestores y encargados de la adopción de decisiones provenientes de 50 países. La conferencia se celebró en Umeå (Suecia) y fue organizada por la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) y la FAO. El texto que sigue contiene algunas de las observaciones e ideas que surgieron de las ponencias y discusiones de la conferencia.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EL PASADO Y EL FUTURO

Los ecosistemas forestales, y sus bienes y servicios

A nivel local, no resulta fácil atribuir la causa de un fenómeno ambiental extremo aislado al cambio climático. El clima es

intrínsecamente variable y los episodios climáticos extremos no son raros. Un brote de insectos ocasional o la mortalidad causada por la sequía en un cierto lugar pueden ser consecuencia o verse estimulados por la variabilidad natural del clima. En muchos casos, la carencia de registros prolongados y fiables dificulta la labor de determinar si la frecuencia de los acontecimientos climáticos extremos haya podido aumentar o no. A escala mundial sin embargo, el número actual de estos accidentes y sus proporciones aportan una prueba circunstancial contundente de que los ecosistemas forestales están siendo afectados por alteraciones generalizadas e inusitadas (véase el artículo de Régnière).

En los bosques boreales templados la cubierta de nieve se ha reducido y las nieves se derriten antes de tiempo, las heladas son más cortas y los acontecimientos climáticos extremos son más numerosos; estos fenómenos determinan que aumente la probabilidad, frecuencia, alcance e intensidad de las sequías, canículas, inundaciones y tormentas fuertes. Unas temperaturas más altas, asociadas a veces a una ordenación forestal deficiente, han hecho que algunos de los grandes ecosistemas forestales homogéneos estén más expuestos a brotes de insectos, enfermedades y plagas diversas. Un claro ejemplo es la infestación con el escarabajo del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*), que ha hecho estragos en una extensión de más de 13 millones de hectáreas de bosque en el Canadá occidental. Los ecosistemas forestales tropicales han experimentado temperaturas más altas y fenómenos extremos de oscilación

meridional El Niño más frecuentes, que han determinado una incidencia mayor de ciclones de gran intensidad, graves sequías, incendios, inundaciones y corrimientos de tierras. La merma del caudal de los ríos y las grandes marejadas ciclónicas han ocasionado un incremento en el nivel de salinidad de los manglares y de otros humedales forestales costeros, que a su vez han causado la degradación de estos vitales ecosistemas.

En las tierras áridas y semiáridas, la mortalidad de árboles por sequía se ha acentuado y ha acarreado degradación y una distribución más reducida en la totalidad de algunos ecosistemas forestales, por ejemplo de bosques de cedro de Atlas (*Cedrus atlantica*), en Argelia y Marruecos. Conforme la productividad de las tierras agrícolas contiguas disminuye por efecto de la sequía, muchas comunidades africanas carentes de fuentes de ingreso alternativas resuelven volver a utilizar las tierras forestales para sus cultivos, el pastoreo y la cosecha ilícita de la madera y otros productos forestales, con la consiguiente mayor pérdida de cubierta forestal en la localidad.

No es posible predecir con certeza cuál será el impacto futuro del cambio climático en la salud, crecimiento, distribución y composición de determinados bosques (véanse los artículos de van Zonneveld *et al.* y Silveira Wrege *et al.*) porque las proyecciones climáticas locales son poco abundantes; por lo demás, la interacción entre factores bióticos y abióticos es impredecible. En ausencia de influjos limitantes debidos a la humedad y a la indisponibilidad de nutrientes, las estaciones más cálidas pueden estimular el crecimiento, la duración del período vegetativo y el efecto fertilizante ejercido por unas concentraciones mayores de CO₂ en la atmósfera. En cambio, se prevén disturbios más frecuentes que obligarían al reemplazo de los rodales a causa de las fuertes y bruscas pérdidas de bosque en algunas localidades (véase el artículo de Allen). Según ciertos modelos de predicción del cambio climático, en porciones del bosque amazónico y en otros bosques tropicales se registrará un fenómeno de muerte regresiva que a su vez podría extremar el recalentamiento mundial.

Existen otros cambios ocasionados por el ser humano en el entorno natural que también podrían acentuar las alteraciones

A causa de las temperaturas más altas, los bosques de coníferas en el Canadá occidental son más propensos al ataque del escarabajo del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*), que ha causado estragos en una superficie de más de 13 millones de hectáreas



La sequía ha ocasionado una mayor mortalidad de árboles en las tierras áridas y semiáridas y fenómenos de degradación y una distribución reducida en la totalidad de algunos ecosistemas forestales, por ejemplo del cedro de Atlas (*Cedrus atlantica*) en Marruecos



FOTO: FRANK ALLARD

climáticas sufridas por los bosques. Por ejemplo, el ozono a nivel del suelo –agente fitotóxico poderoso y común en los países desarrollados– reduce el crecimiento de los árboles. La deposición de sustancias nitrogenadas contaminantes puede estimular el crecimiento pero asimismo causar desequilibrios de nutrientes. La introducción accidental de plagas de insectos y patógenos por conducto de los intercambios comerciales internacionales –que ya son responsables de las profundas alteraciones observadas en muchos ecosistemas forestales en todo el mundo– ha aumentado el riesgo de que se produzcan infestaciones en gran escala, puesto que la eficacia de las barreras que impiden el establecimiento y proliferación de las plagas es menor en los bosques en latitudes elevadas. Una mejor gestión de estos factores podría contribuir a la adaptación de los bosques al cambio climático.

Las pautas emergentes de los impactos actuales y futuros del cambio climático en los bosques desvelan un conjunto de secuelas negativas debidas a un amplio espectro de factores relacionados con el cambio climático, además de otros impactos menos evidentes o incluso positivos que se registran en regiones o lugares específicos y a menudo solo en ciertas especies de árboles. En términos generales, el riesgo que corren los bosques y la ordenación forestal a lo largo de los períodos usualmente prolongados de rotación aumentarán considerablemente en la mayor parte del mundo, y las ganancias de productividad de algunos bosques se verán anuladas de resultados de las perturbaciones sufridas. Es probable que, durante este siglo, el medio ambiente forestal sufra menoscabos no pequeños.

Poblaciones y medios de vida

Las sociedades ricas de países industrializados disponen de los medios para hacer frente a los efectos inmediatos del cambio climático, y suelen sufrir menos sus consecuencias a breve plazo. Por el contrario, para muchas comunidades pobres de países en desarrollo o de países menos adelan-

tados que dependen de los bosques para la obtención de alimentos, piensos, leña, medicamentos y servicios del ecosistema, el impacto económico y en el bienestar humano del cambio climático puede ser muy agudo. Las escaseces de agua y las lluvias impredecibles, en combinación con el crecimiento constante de la población y la degradación de la tierra, aumentan la presión sobre los ecosistemas forestales y sus posibilidades de satisfacer las necesidades primarias relacionadas con los medios de vida. Gracias a la promoción de las iniciativas de silvicultura comunitaria en los países en desarrollo se puede reforzar la capacidad de adaptación de las poblaciones locales, ya que serían las personas que en primer lugar experimentan los efectos del cambio climático aquellas a quienes se asignaría la responsabilidad de adoptar las decisiones; asimismo, la silvicultura comunitaria fomenta el papel del conocimiento vernáculo en la ordenación forestal (véase el artículo de Gyampoh *et al.*).

Incluso en los países desarrollados, algunas comunidades que dependen de industrias basadas en el bosque o de industrias ubicadas en paisajes forestales ya están sufriendo los efectos de las perturbaciones relacionadas con el cambio climático. En Canadá, por ejemplo, los frecuentes fuegos en bosques boreales ponen en peligro la salud e integridad de la población, y la grave plaga de escarabajo del pino de montaña se traducirá ineluctablemente en una reestructuración no leve del sector de las industrias forestales, con consecuencias negativas en el bienestar de la población local (véase el artículo de Konkin y Hopkins).

El cambio climático repercute también en los ingresos locales derivados del turismo y en los servicios de esparcimiento, porque un bosque muerto o en regresión tiene menor atractivo paisajístico, o una capa de nieve discontinua es motivo para abreviar una temporada de esquí.

CÓMO ADAPTAR LAS PRÁCTICAS DE ORDENACIÓN FORESTAL A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Tres son los enfoques que pueden orientar las acciones destinadas a adaptar los bosques al cambio climático: la ausencia de cualquier tipo de intervención, una adaptación que surge como reacción a una situación determinada, y una adaptación planificada. Desafortunadamente, las intervenciones de ordenación se ajustan por lo general a la primera o, en el mejor de los casos, a la segunda de estas categorías.

La ausencia de cualquier tipo de intervención significa que las cosas siguen como están, y que se parte, al fijar metas y prácticas, de la premisa que la adaptación forestal tendrá lugar más o menos como en el pasado. La adaptación «reactiva» se ejecuta cuando hay que superar una dificultad; como ejemplos se puede citar la corta accidental, los cambios en los procedimientos industriales para transformar la madera de roturado tras algún accidente perturbador, la actualización de los tiempos de cosecha, el reajuste del cálculo de cortas permisibles y el diseño de programas socioeconómicos de apoyo para localidades afectadas.

La adaptación planificada, en cambio,

implica que las metas y prácticas forestales se definen anticipadamente y en previsión de riesgos e incertidumbres ligados al cambio climático. Las intervenciones son deliberadas, precoces y se llevan a cabo en diferentes niveles y sectores. En el plano comunitario, la adaptación planificada puede consistir en diversificar las fuentes de ingreso forestal y no forestal, un mejor gobierno de los recursos forestales y la creación de capacidad para vigilar y hacer frente a posibles calamidades de proporciones sin precedentes. En el sector forestal industrial, la adaptación planificada implicaría incluir entre los productos la bioenergía o promover los productos madereros debido a su exigua huella de carbono. A escala nacional y mundial, la adaptación planificada puede incluir un sistema de seguimiento y presentación de informes y la creación de instrumentos para la evaluación de la vulnerabilidad, y el diseño de planes con vistas a la adaptación. Puesto que los bosques forman parte de un ciclo biogeofísico y biogeoquímico, y son objeto de acuerdos internacionales y planes de certificación, se podrá exigir a los responsables de su gestión medir las repercusiones mundiales de las intervenciones realizadas a nivel local.

Se podría objetar que toda ordenación forestal adecuada comprende siempre una acción de adaptación planificada. Sin embargo, cuando se trata de planificar en previsión del cambio climático, la incertidumbre es mucho mayor y los riesgos son desconocidos y numerosos; resulta entonces indispensable reducir sistemáticamente los riesgos en respuesta a los acontecimientos pronosticados. La adaptación planificada significa también sopesar nuevas oportunidades que pueden surgir de resultados del cambio climático, por ejemplo, la conveniencia de plantar una procedencia o especie que crecerá más rápidamente en las condiciones proyectadas, u obtener beneficios de productos y servicios tales como el secuestro de carbono y los nuevos tipos de bioenergía. Mediante la adaptación planificada se puede reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia, o privilegiar la diversificación a expensas de la productividad.

A nivel del rodal, la adaptación planificada haría necesario plantar una más abundante diversidad de especies o de proveniencias o árboles seleccionados por su resistencia a eventuales agentes

estresantes. Un plan de aclareos modificado podría servir para dar estabilidad a los rodales en casos de sequía, tormentas y enfermedades, y también para estimular el crecimiento gracias a la fertilización por el CO₂.

A nivel del paisaje, la adaptación planificada puede comprender medidas destinadas a minimizar los efectos potenciales de incendios, ataques de insectos y enfermedades, el incremento de la forestación o reforestación, la instauración de corredores de biodiversidad (véase el artículo de Mansourian, Belokurov y Stephenson) y la rehabilitación de bosques degradados. En el plano de los servicios de ordenación forestal, las opciones de adaptación pueden incluir evaluaciones de vulnerabilidad y una mejor preparación para hacer frente a los desastres. Por último, la planificación de la ordenación forestal no debería tan sólo basarse en las trayectorias temporales de crecimiento y rendimiento, sino incorporar factores de incertidumbre y probabilidad siempre mayores de que se produzcan fenómenos climáticos extremos, así como la comparación periódica de las proyecciones con las pautas de una realidad cambiante con el fin de actualizar metas y procedimientos.

Un elemento esencial de la adaptación planificada es la vigilancia forestal intensiva, operación que probablemente requerirá disponer de recursos técnicos y humanos adicionales. La vigilancia es el instrumento que proporciona indicaciones de alerta temprana sobre la muerte regresiva del bosque y los brotes de insectos y enfermedades, ayudando a reducir la inseguridad a la hora de diseñar planes y a minimizar las pérdidas. Una evaluación pronta de los daños tras un fenómeno climático extremo es útil porque permite planificar las cortas de recuperación y la conservación de la madera y predecir las repercusiones climáticas en el suministro de madera, en los mercados y en las condiciones socioeconómicas. En la mayoría de los países desarrollados con cubierta forestal importante ya se lleva a cabo un seguimiento del crecimiento de árboles y de la situación del bosque; en algunos casos esta operación contempla también la observación de aspectos relacionados con el cambio climático como las concentraciones de carbono y la salud del bosque. En los países en desarrollo, la carencia de financiamiento y de pericias en materia

de control y evaluación puede impedir la puesta en práctica de las medidas de detección temprana del impacto del cambio climático y las oportunas respuestas. Ante estas insuficiencias, la adaptación planificada debería sobre todo crear capacidad para la realización de evaluaciones forestales periódicas.

La primera medida al desarrollar una estrategia de adaptación es combinar el seguimiento de los bosques y el conocimiento del posible impacto del cambio climático con la evaluación de la vulnerabilidad o de los riesgos. Este tipo de evaluación permite conocer en qué situaciones conviene llevar a cabo una intervención de ordenación, y cuáles son las respuestas relacionadas con el sector forestal que aún evidencian carencias. El perfeccionamiento y los ensayos de métodos de evaluación de riesgos también pueden dar mayor eficacia a las acciones de seguimiento.

LA INVESTIGACIÓN APOYA LA ADAPTACIÓN PLANIFICADA

La problemática del cambio climático ha sido objeto de investigación en diversas disciplinas, incluida la ecología y la ordenación forestales. Para que las exploraciones sean pertinentes y su aplicación rinda efectos eficaces, conviene que los investigadores mantengan relaciones de cooperación con los encargados del diseño de las políticas y los gestores forestales. Al respecto, el IPCC ha desarrollado una labor fructuosa al transmitir a los encargados de las políticas una información técnica fidedigna y fácilmente accesible. También ha puesto al tanto a la comunidad científica acerca del tipo de información necesitada por dichos funcionarios y ha realizado programas de extensión destinados al público. Puesto que en todo el mundo los países han debido adoptar una postura respecto a los asuntos relacionados con el cambio climático y su repercusión en las políticas nacionales y las negociaciones internacionales, un diálogo científico y político también ha brotado en las administraciones nacionales.

El seguimiento de los bosques es un elemento indispensable de la adaptación planificada en el ámbito de la ordenación forestal. El seguimiento efectuado en niveles múltiples permite reconocer precozmente los cambios en la situación y la salud de los bosques. Mediante telepercepción se detectan y cartografían a

*En los países en desarrollo, gracias a la agrosilvicultura –que encierra el potencial de proporcionar beneficios derivados de las iniciativas combinadas de adaptación y mitigación– la diversificación se intensifica, los riesgos se reducen y los medios de vida adquieren mayor estabilidad (rompevientos confeccionado con *Alnus acuminata*, Ecuador)*

tiempo las calamidades que afectan a la sanidad forestal; esta técnica es muy útil en las regiones en las que no se realizan levantamientos de campo sistemáticos, y también sirve como herramienta de estratificación para ulteriores levantamientos. Con una frecuencia de cobertura y una resolución más altas, los instrumentos de telepercepción consiguen incluso capturar fenómenos transitorios pequeños.

Otro elemento esencial de una adaptación idónea es la evaluación del riesgo ambiental que deriva de cambios que ocurren tanto dentro como fuera del bosque pero que podrían tener consecuencias en el bosque; será pues necesario configurar protocolos de evaluación en los que se tengan en cuenta las complejas respuestas del bosque a las situaciones de estrés.

Aunque los cambios más intensos atribuidos al cambio climático se registran en zonas de latitud elevada, los cambios menores que se registran en los climas tropicales pueden tener efectos considerables en la vegetación debido a la compleja relación de interdependencia que existe entre los organismos forestales y los estrechos nichos climáticos en que éstos se encuentran. Ello explica que la determinación de la vulnerabilidad y de los riesgos en zonas tropicales sea una labor muy ardua.

El desarrollo de un material de plantación con los rasgos genéticos deseables puede representar una vía prometedora para contrarrestar los cambios climáticos locales. Las ganancias de productividad y la resistencia a la sequía son índices de que muchas especies comerciales importantes podrían ser objeto de mejoramiento incluso mayor, si bien la disponibilidad de un material que pueda prosperar en las condiciones imperantes en la actualidad o en condiciones futuras presenta no pocas dificultades.

Sin embargo, la posibilidad de crear especies resistentes a nuevas plagas y enfermedades aplicando programas de mejora genética vegetal tradicionales parece



FAO/CIHEU/000607/R. FALDI/UTL

escasa. Tras alrededor de medio siglo de experiencias de mejora en árboles forestales, los resultados positivos han sido pocos, salvo en el caso de la resistencia a algunas de las principales enfermedades (como la roya del álamo, por ejemplo) que afectan a contadas especies comerciales importantes (véase el artículo de Yanchuk y Allard). Los riesgos emergentes que afectan a la salud de las plantaciones de especies exóticas tropicales evocan la necesidad de mejorar las técnicas de genética forestal.

El cambio climático acentúa los factores de incertidumbre; no obstante, la ciencia del manejo eficaz de la incertidumbre y el riesgo no ha sido desarrollada lo suficiente por la silvicultura tradicional. Los meteorólogos y el IPCC han puesto a punto procedimientos cuantitativos relacionados con los factores de incertidumbre climática. Compete ahora a los gestores de bosques y a los encargados del diseño de las políticas integrar de forma sistemática estos elementos de probabilidad en los planes y las decisiones tomadas en el terreno. Las pericias para la gestión de los factores de incertidumbre y riesgo pueden asimismo provenir de otros campos tales como la ingeniería comercial, la investigación de operaciones, la gestión financiera, la ciencia de los seguros y la ingeniería.

Por último, no son las crisis ecológicas sino las económicas las que impulsan principalmente el cambio en el sector forestal y en la sociedad, y por consiguiente es solo relacionando los fenómenos físicos con los impactos socioeconómicos que ocasionan que los encargados de la toma de decisiones podrán aprovechar plenamente la infor-

mación suministrada por la investigación. Esta operación de inferencia de conceptos implicará dar mayor importancia a las ciencias sociales y del comportamiento en el ámbito de la ordenación forestal.

CÓMO ADAPTAR LAS POLÍTICAS Y LAS INSTITUCIONES

Los episodios de crisis que atraviesan hoy los bosques permiten sacar algunas lecciones. El brote de escarabajo del pino de montaña en Canadá (véase el artículo de Konkin y Hopkins) ha ilustrado, por ejemplo, que los acontecimientos climáticos catastróficos aparecen repentinamente y que su comprensión rebasa el conocimiento tradicional, así como su gestión las estructuras convencionales de ordenación forestal. Los datos son importantes, pero a menudo no bastan para cambiar la actitud de la gente. La adopción de una respuesta apropiada hace a menudo necesario que se abandonen opiniones y prácticas tradicionales. Por tanto, el reto que encierra la adaptación planificada es que hay que flexibilizar la cultura organizativa, las estructuras establecidas y las políticas de ordenación forestal antes de que estalle un episodio de crisis.

La adaptación al cambio climático y su mitigación son conceptos que con frecuencia se tratan separadamente, pero sería más provechoso estudiarlos en conjunto (véase el artículo de Blate *et al.*). En todos los países, las acciones de mitigación, tales como la forestación o las medidas para frenar la deforestación, deben ser planificadas cuidadosamente y vincularse a las políticas de adaptación locales en los sectores



FAO/FO-614/R. VERMA

Las iniciativas de mitigación del cambio climático deben apoyar a las personas y a las comunidades de la localidad en sus esfuerzos de adaptación (India)

interesados con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población y dar a ésta los medios para resistir a los efectos negativos del cambio climático.

La entrega de beneficios derivados de las acciones de adaptación y mitigación a la población local en los países en desarrollo debe figurar como un objetivo urgente (véase el artículo de Osman-Elasha). A este respecto, la silvicultura puede ofrecer soluciones importantes, ya que promueve la diversificación, supone intervenciones para reducir los riesgos y contribuye a estabilizar los medios de vida. Mediante las prácticas agrosilvícolas solo se consigue secuestrar modestas cantidades de carbono por hectárea; en cambio, es posible forjar combinaciones múltiples de árboles, bambúes y palmas con cultivos agrícolas, productos del huerto, el pastoreo y los estanques piscícolas en superficies extensas en casi todos los lugares del mundo.

Los conceptos de adaptación y mitigación también pueden conjuntarse con el concepto de reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques. Como la iniciativa de reducción de emisiones fue concebida para, entre otras opciones, limitar las emisiones mundiales de CO₂ que van a parar

a la atmósfera, su puesta en práctica dará mejores resultados gracias a la promoción de la ordenación forestal sostenible en países en desarrollo. Un bosque ordenado de forma sostenible se adapta mejor a los cambios climáticos, y las prácticas de ordenación sostenible pueden reducir o incluso revertir la pérdida o degradación del bosque y reforzar la aptitud del bosque para adaptarse al cambio climático. Para los países en desarrollo, la iniciativa de reducción de emisiones significa también un proceso de adaptación, ya que junto con el cambio climático surgen nuevas oportunidades, tales como los planes de incentivos, las ventas de créditos de carbono y la inversión forestal.

La relación entre los conceptos de adaptación y mitigación plantea el problema de que la primera equivale a menudo a una respuesta a condiciones y dificultades del lugar y por lo tanto sus beneficios recaen en la población local, mientras que la segunda surge como réplica a preocupaciones mundiales y se encara por lo general a escala nacional. El desafío planteado por las políticas de mitigación, como la reducción de emisiones, en particular en los países en desarrollo, consiste pues en asegurar que el grueso de los beneficios generados por las acciones de mitigación confluya en las comunidades o propietarios de bosques; y esto se logra preferentemente cuando las acciones de mitigación promueven la adaptación al cambio climático en la localidad

y encajan con otras iniciativas destinadas a reducir la vulnerabilidad y la pobreza de comunidades locales.

También para el sector de la industria la adaptación tiene importancia, puesto que el cambio climático representa una variable nueva en el ámbito de sus operaciones. La producción y uso de productos provenientes de bosques ordenados de modo sostenible contribuye a las acciones de mitigación, porque la madera es uno de los pocos materiales auténticamente renovables, y los productos madereros tienen la capacidad de almacenar carbono. En muchos países, las inversiones en una producción maderera que recurre a prácticas silvícolas mejoradas o a bosques plantados constituyen una solución en la que se combinan tanto la mitigación como la adaptación. Los productos madereros –que se consideran alternativas de bajas emisiones de carbono al acero y hormigón– son reciclables y se podrían incluso utilizar para la producir bioenergía al término de su ciclo vital: este potencial realza su valor como productos ecológicamente racionales. En las situaciones en las que se puede demostrar que ha habido un ahorro neto de energía, las políticas que promueven la recogida diferenciada de los materiales madereros sólidos desechados separadamente de las demás basuras, y su envío a las plantas bioenergéticas, tendrían la doble ventaja de que se lograría, por una parte, reducir las emisiones de metano provenientes de los terraplenados que carecen de dispositivos de captación, y sustituir los combustibles fósiles, por otra. En los bosques donde se ha registrado una mortalidad masiva, el desarrollo del mercado bioenergético puede igualmente constituir una medida de adaptación. Unas políticas energéticas coherentes relacionadas con la totalidad de la cadena de valor de los productos forestales, en conjunción con campañas de sensibilización y de incentivos para un consumo apropiado, podrían jugar un papel importante en la mitigación del cambio climático.

CONCLUSIONES

La salud de muchos ecosistemas forestales ya está quebrantada por el impacto del cambio climático, y las consecuencias podrían intensificarse tanto en el plano local como mundial anulando probablemente las ganancias de crecimiento obtenidas. Las acciones de adaptación son

posibles, pero es indispensable planificar y actuar sin tardanza para prevenir repercusiones perjudiciales y aprovechar las oportunidades que se presenten. Las políticas de adaptación relacionadas con la planificación de la ordenación forestal deberán crear conciencia acerca de los impactos reales y potenciales del cambio climático, evaluar los factores de incertidumbre e incluir los elementos de riesgo. El desafío principal consistirá en promover la adaptación planificada aun cuando una crisis inminente no exista, sobre todo si la adopción de las medidas de adaptación pudiese significar menores ganancias eventuales a largo plazo en ausencia de un cambio climático. La opción más obvia sería la adaptación reactiva, pero a largo plazo ésta podría resultar perniciosa para los bosques y la sociedad.

La reducción de la deforestación en los países en desarrollo ocupa ahora en los programas mundiales relativos al cambio climático un lugar destacado, pero es difícil determinar de qué forma afectarán los acuerdos internacionales negociados y los eventuales mecanismos de implementación nacional a las poblaciones cuyos medios de vida dependen total o parcialmente de los bosques. Esta opción de mitigación del cambio climático y de adaptación –potencialmente muy eficaz– solo podría tener éxito a través de la ordenación forestal sostenible y con la garantía de que las intervenciones de mitigación apoyan los planes locales de adaptación de poblaciones y comunidades.

Uno de los mensajes propalados por la Conferencia de Umeå es que, en materia de adaptación, existe una brecha considerable entre países desarrollados y países en desarrollo en cuanto a capacidad científica, operativa y de planificación. Mientras que muchos países desarrollados invierten en iniciativas multidisciplinarias ambiciosas destinadas a perfeccionar la evaluación de riesgos y poner en ejecución medidas de adaptación y mitigación, en numerosos países en desarrollo obligados a hacer frente a necesidades apremiantes se observan graves carencias de información, administrativas y financieras que impiden la realización de los proyectos de adaptación. Las acciones de adaptación planificada se ven dificultadas por la pobreza y los desequilibrios, y en las zonas vulnerables los impactos negativos derivados del cambio climático en los medios de vida

parecen inevitables. En estos países, es pues imprescindible vincular la normativa de mitigación basada en el bosque y la adaptación de la ordenación forestal al cambio climático con el desarrollo rural y unas políticas agrícolas que se centran en las personas, en la mitigación de la pobreza, en la seguridad alimentaria y en los medios de vida. El objetivo de la adaptación planificada ha de ser el bien común. En los países en desarrollo, las metas de equidad y creación de capacidad no se pueden dissociar de las providencias de adaptación del sector forestal al cambio climático y requieren por consiguiente la atención de la comunidad mundial.

El cambio climático pone de relieve, hoy más claramente que nunca antes, que es necesario abordar los problemas mundiales adoptando un enfoque multisectorial de colaboración entre las naciones. La colaboración entre las instituciones regionales y nacionales encargadas de la administración y gestión forestales se está intensificando. A medida que los desafíos y graves consecuencias que derivarían de no encarar a nivel mundial los problemas relacionados con el cambio climático han comenzado a ser conocidos, también, pero aún con lentitud, algunas instituciones especializadas han organizado acciones en común, y se ha podido comprobar la validez de algunos mecanismos de gobernanza. ♦



Bibliografía

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis*. Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Ginebra, Suiza. ♦

Los impactos del cambio climático, la adaptación y los vínculos con el desarrollo sostenible en África

B. Osman-Elasha

Las estrategias de desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático comparten elementos comunes; y, por tanto, de las intervenciones conjuntas llevadas a cabo en ambos campos pueden surgir respuestas sinérgicas.

El desarrollo sostenible, definido como «el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas» (CMMAD, 1987) significa integrar de forma armoniosa diversos elementos: una economía racional y viable, una gobernanza responsable, la potenciación de la población, la cohesión social y la integridad ecológica. El desarrollo sostenible no significa ni estagnación económica ni renuncia al crecimiento económico por el bien del medio ambiente, sino promover un desarrollo económico concebido como requisito para mantener la calidad de aquél. Gracias al desarrollo económico aumenta la capacidad de hacer frente a los problemas medioambientales y sociales. Y condición esencial del desarrollo sostenible es, a su vez, el mantenimiento de la calidad del medio ambiente.

El vínculo entre cambio climático y desarrollo sostenible radica en que el cambio

climático impone barreras al desarrollo, y en que el desarrollo sostenible es uno de los factores clave de la mitigación y adaptación (véase el recuadro). De ello se desprende que las estrategias para conseguir el desarrollo sostenible y afrontar el cambio climático compartan más de un componente común, y que el aplicarlas conjuntamente dé origen a acciones sinérgicas. También se infiere de esta constatación que las medidas con las que se afrontaría únicamente el cambio climático resultarían demasiado costosas, y que conviene por consiguiente incorporar las medidas climáticas en los programas de desarrollo.

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁFRICA

Cambios climáticos observados y proyectados

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007a) ha informado que la temperatura aumentó aproximadamente en 0,7 °C en la mayor

Algunas definiciones formuladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

Grado en que los sistemas son susceptibles a los efectos adversos del cambio climático o incapaces de hacerles frente, y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático, y de las variaciones a las que el sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos. Gracias a los mecanismos de ajuste, es posible moderar los daños o aprovechar oportunidades beneficiosas.

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Capacidad de un sistema de ajustarse al cambio climático (en particular a la variabilidad climática y los fenómenos climáticos extremos), con el objeto de moderar daños potenciales, sacar provecho de las oportunidades, o hacer frente a las consecuencias.

Fuente: IPCC, 2007c.

Balgis Osman-Elasha es Investigador principal de la Unidad de Cambio Climático del Consejo Superior de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Jartum (Sudán).



FAO/CFU000352/R. FAIDUTTI

La deforestación, la degradación de las tierras y la fuerte dependencia de la biomasa como fuente de energía representan amenazas para los hábitats y ecosistemas africanos; el cambio climático es un factor de estrés que se añadirá probablemente a estas amenazas

parte de la región de África a lo largo del siglo xx. El calentamiento tuvo un ritmo de 0,05 °C por década, y fue ligeramente más intenso en la estación entre junio y noviembre que entre diciembre y mayo. Se espera un aumento de la temperatura de alrededor de 0,1 °C por década durante las próximas dos décadas, aun si las concentraciones de gases de efecto invernadero y de aerosoles se mantienen en los niveles que registraban en el año 2000.

El IPCC ha informado que los acontecimientos climáticos extremos, por ejemplo las inundaciones y sequías, se están volviendo cada vez más frecuentes y graves. Algunas regiones africanas son más pro-

puestas a sufrir sus efectos que otras. Es probable que la mayor frecuencia de los sucesos desastrosos registrada sea resultado de una combinación de cambios climáticos y de alteraciones socioeconómicas y demográficas.

Qué significa el cambio climático para África

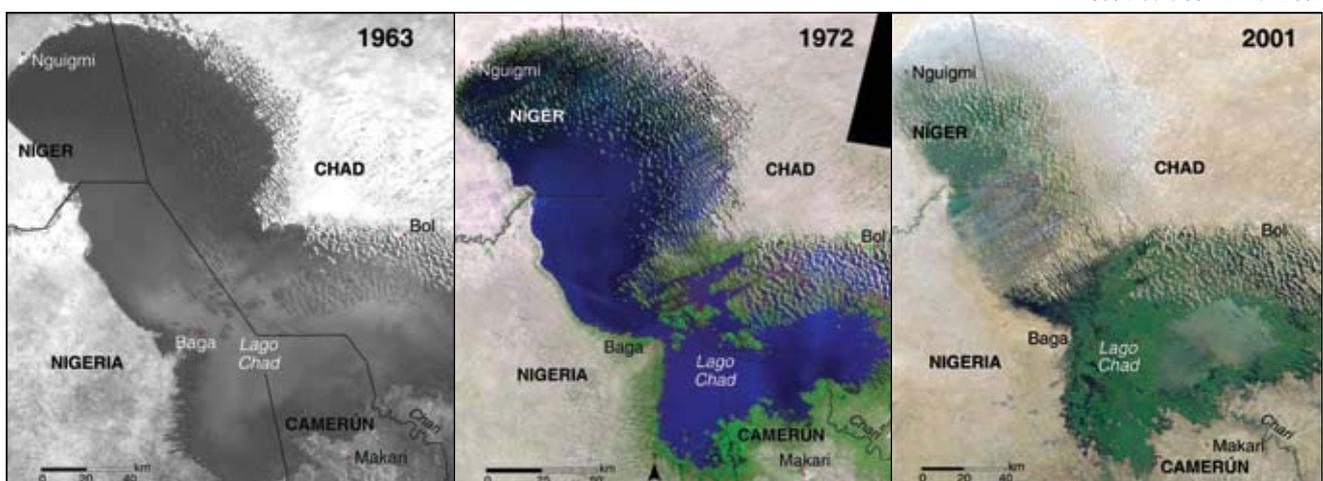
En la actualidad, los ecosistemas africanos se ven amenazados por diferentes agentes de estrés, tales como la deforestación, la degradación de las tierras y una dependencia considerable de la biomasa para la obtención de energía. En África subsahariana, más del 80 por ciento de la población depende para cocinar de la biomasa tradicional (Naciones Unidas, 2007). El cambio climático puede representar un factor de estrés añadido (Figuras 1 y 2).

Entre los principales sectores vulnerables indicados por el IPCC (2007b) está el agrícola, el alimentario y el hídrico. Se

pronostica que África subsahariana será la región más afectada, no solo porque en ella la productividad agrícola será reducida y la inseguridad hídrica será mayor, sino porque está más expuesta a las inundaciones costeras y sucesos climáticos extremos, y a riesgos más intensos relacionados con la salud humana.

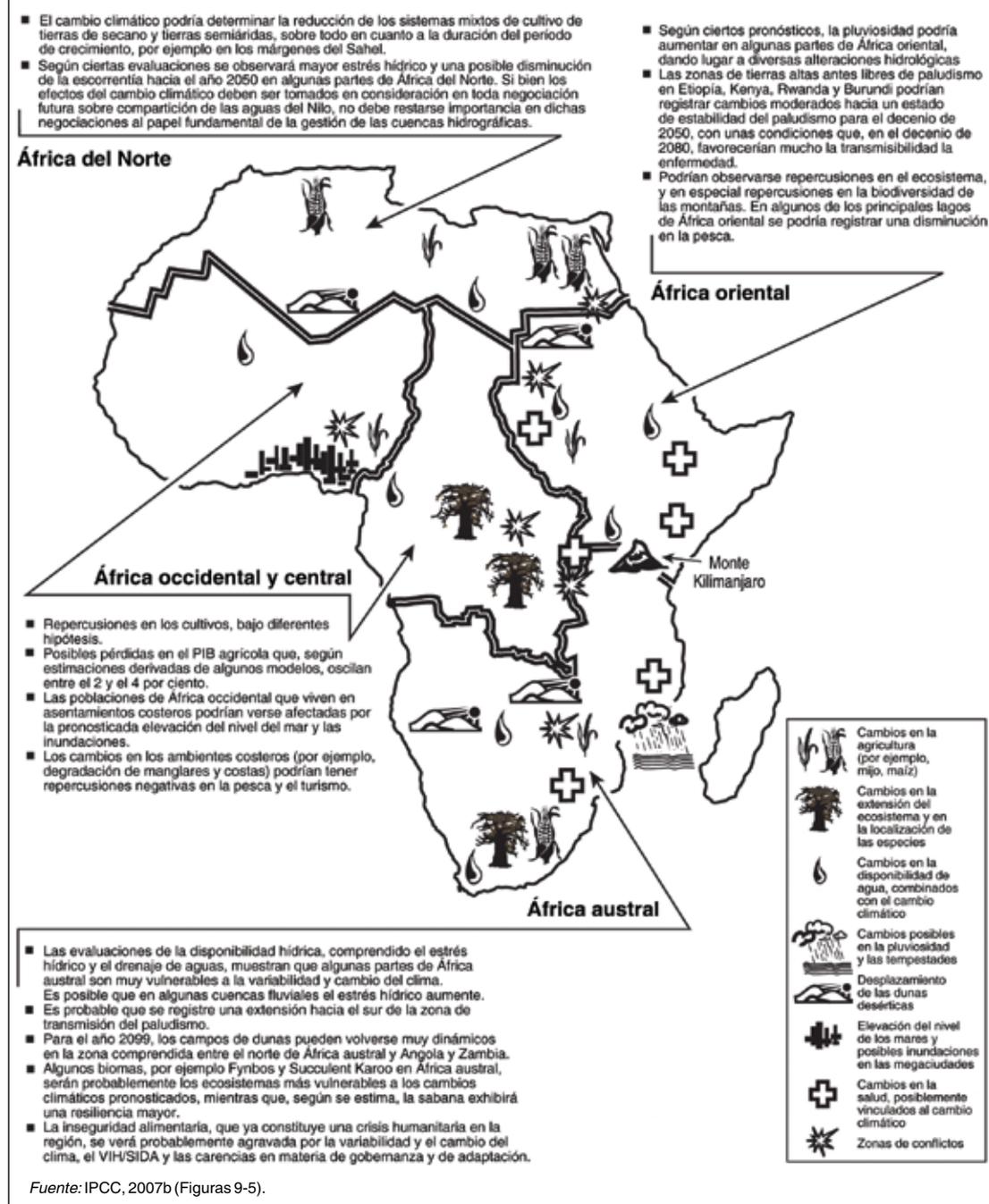
La vulnerabilidad de África al cambio climático se ve extremada por diversos factores de índole no climática, que comprenden la pobreza endémica, el hambre, la alta prevalencia de enfermedades, los conflictos crónicos, los bajos niveles de desarrollo y la escasa capacidad de adaptación. El ingreso promedio per cápita en la mayor parte de los países africanos es hoy día más bajo de lo que era 30 años atrás. África subsahariana es la única región cuyo producto interno bruto (PIB) registra un crecimiento anual negativo: -1 por ciento entre 1975 y 1999, en comparación con el 6 por ciento en Asia oriental y el Pacífico y el 2,3 por ciento en Asia meridional. Un tercio de la población de África subsahariana padece hambre crónica (FAO, 2007). En algunos países africanos, cuatro de cada diez personas están infectadas con el VIH/SIDA (PNUD, 2007). En algunos de los países más pobres, los costos relacionados con los gastos sanitarios y la pérdida de mano de obra y de productividad son los costos más elevados; en África subsahariana, representan alrededor del 5 por ciento del PIB, es decir unos 28 400 millones de USD al año (PNUD, 2006). De los 25 países africanos que tuvieron que hacer frente

1
Los impactos del cambio climático se observan en la disminución de la superficie del lago Chad: de 22 902 km² en 1963 a solo 304 km² en 2001



Fuente: PNUMA, 2008.

2 Impactos del cambio climático en África



a situaciones de urgencia alimentaria en 2003, en diez se desarrolla en la actualidad algún conflicto civil y cuatro están saliendo de un enfrentamiento. Con frecuencia, los conflictos son causa de que los escasos recursos se destinen al presupuesto militar y no al desarrollo, y de que se registre un número de personas desplazadas dentro del país y de refugiados elevado.

Entre los factores no climáticos que se añaden a la vulnerabilidad de África está la fuerte dependencia de los productos primarios; el rápido aumento de una población que ejerce presión sobre paisajes ya

degradados; una gobernanza insuficiente y unas instituciones débiles; la escasa inversión de capitales; la carencia de acceso a los mercados extranjeros; malas infraestructuras; una inadecuada transferencia de tecnología; y unos niveles de deuda externa constantemente altos pese a los programas de condonación de la deuda de años recientes.

EL CAMBIO CLIMÁTICO: UN PROBLEMA DE EQUIDAD

En África se registra la menor concentración de emisiones de CO₂ del mundo

(Figura 3). Se reconoce hoy que el cambio climático es un problema de equidad, puesto que la población más pobre del mundo, la que menos contribuye a la acumulación de gases de efecto invernadero, es la peor equipada para hacer frente a los impactos negativos del cambio climático. Las naciones ricas, que, a lo largo de la historia, han sido las que más han contribuido al recalentamiento mundial, están mejor preparadas para adaptarse a los impactos climáticos. Es imposible desligar las posibilidades de éxito de las acciones de mitigación y adaptación de los esfuerzos

para superar las disparidades entre países desarrollados y en desarrollo.

No se conseguirá enfrentar eficazmente el desarrollo sostenible en África si no se toman en cuenta los impactos del cambio climático en la agricultura, los conflictos y las pautas de las enfermedades, que son elementos que tienen especiales repercusiones en la población pobre. El desarrollo sostenible y la adaptación se refuerzan mutuamente; y el IPCC ha llegado a la importante conclusión de que, si las medidas de adaptación se recogieran en el marco del desarrollo sostenible, se lograría disminuir los impactos negativos futuros del cambio climático.

PRINCIPALES DESAFÍOS QUE ÁFRICA DEBE AFRONTAR

Las prioridades para los países africanos al afrontar los desafíos del cambio climático son las siguientes:

- conseguir un amplio reconocimiento político en la plataforma de negociaciones internacionales;
- asignar recursos de forma apropiada;
- garantizar la seguridad alimentaria y energética;
- llevar a cabo acciones de gestión y de adaptación a los riesgos climáticos a largo plazo.

Para conseguir estos objetivos, se precisa de una gobernanza idónea, del acceso a la tecnología, de inversiones en innova-



FAO/CHUONG HON FADUTTI

Según las predicciones, en África subsahariana las repercusiones más graves del cambio climático se traducirán en una productividad agrícola reducida y en una mayor inseguridad hídrica

ción, de la participación y el compromiso de todos los sectores de la sociedad, y de la cooperación internacional, nacional y regional.

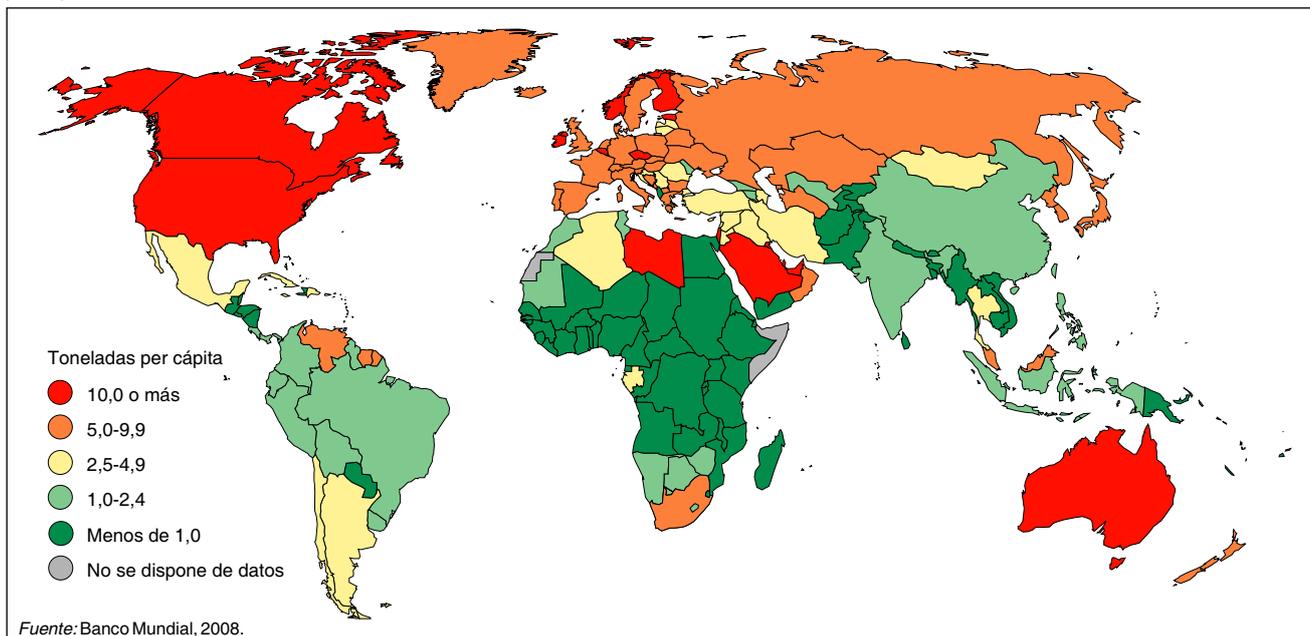
Un desarrollo inmune a los efectos del clima supone costos en exceso de las cantidades que se pagarían si todo sigue igual, y la necesidad de evaluar y hacer frente a los riesgos del clima en los programas nacionales de desarrollo. Para ello se necesitan recursos adicionales. ¿Quién proporcionará esos recursos?, ¿bajó qué mecanismos? y ¿en qué plazos? Estas son las preguntas clave a las que es menester responder. ♦



Bibliografía

- Banco Mundial.** 2008. *Data and statistics.* Internet document. Disponible en: go.worldbank.org/WVEGH5U9W0
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD).** 1987. *Nuestro*

3 Emisiones de dióxido de carbono per cápita, 2000



- futuro común*. Oxford, Reino Unido, Oxford University Press.
- FAO.** 2007. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2007*. Roma.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).** 2007a. *Climate change 2007: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- IPCC.** 2007b. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- IPCC.** 2007c. *Cambio climático 2007: informe de síntesis*. Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.
- Naciones Unidas.** 2007. *Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe de 2007*. Nueva York, EE.UU.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).** 2006. *Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Informe sobre Desarrollo Humano 2006*. Nueva York, EE.UU.
- PNUD.** 2007. *La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido. Informe sobre Desarrollo Humano 2007/2008*. Nueva York, EE.UU.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).** 2008. *Atlas of our changing environment*. Nairobi, Kenya. Disponible en: na.unep.net/atlas ♦

Aprender cómo hacer frente a las perturbaciones derivadas del cambio climático y a otros fenómenos catastróficos que afectan a los bosques

D. Konkin y K. Hopkins

Un devastador brote de escarabajo del pino de montaña en la provincia de Columbia Británica (Canadá) ha supuesto desafíos, pero también ha creado oportunidades para los encargados del diseño de políticas, la industria forestal y la sociedad.

Doug Konkin es Viceministro, Bosques y Pastizales, Provincia de Columbia Británica, Victoria (Canadá).

Kathy Hopkins es Asesora técnica – Cambio climático, Servicio Forestal de Columbia Británica, Victoria (Canadá).

En el Canadá occidental, se suelen registrar brotes periódicos de escarabajo del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*), un barrenillo nativo del pino torcido. Sin embargo, desde finales del decenio de 1990, las poblaciones del insecto han adquirido dimensiones sin precedentes y atacan ahora en una extensión de más de 13 millones de hectáreas de la provincia de Columbia Británica, que tiene una superficie aproximadamente equivalente a la de Inglaterra. Es posible atribuir la epidemia a múltiples causas, entre las que está el cambio climático y otros factores como las intervenciones de ordenación forestal. Se pronostica que, para 2015, la epidemia habrá acabado con más del 75 por ciento del volumen de los pinos en Columbia Británica, un porcentaje que representa más de 900 millones de metros cúbicos de madera que hubiesen podido contribuir a la riqueza económica de

las comunidades provinciales. El cambio climático en esta región no es teórico, y sus impactos son ya una realidad.

La epidemia ha supuesto un desafío múltiple, pero ha creado igualmente oportunidades económicas. Además, ha impulsado la colaboración entre comunidades rurales, el sector industrial de los recursos naturales y organismos de gobierno, y ha promovido formas nuevas de concebir la ordenación forestal en el contexto del cambio climático y de los objetivos de índole social.

UNA PROVINCIA FORESTAL

Columbia Británica, la provincia más occidental del Canadá, abarca una superficie

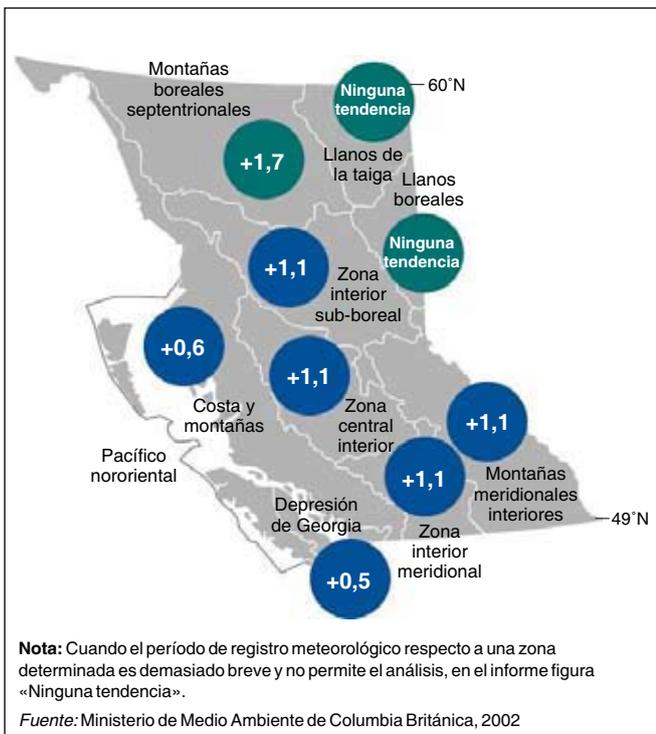
La importancia de las actividades forestales en la economía de la provincia canadiense de Columbia Británica queda ilustrada por esta balsa de trozas que es remolcada hacia el aserradero





Los cadáveres de escarabajos del pino de montaña han sido arrastrados por las aguas hasta las orillas de un lago y dan una idea de la gravedad del brote

MINISTERIO DE BOSQUES Y PASTIZALES DE COLUMBIA BRITÁNICA



1 Variaciones en la temperatura media en Columbia Británica durante el siglo XX

de alrededor de 95 millones de hectáreas en la accidentada costa del Pacífico. Dos tercios de sus tierras son tierras forestales productivas y equivalen a más de la superficie de Francia. El Ministerio de Bosques de Columbia Británica es propietario y

gestor del 95 por ciento de los bosques de la provincia.

Los productos forestales generaron, entre 1996 y 2004, alrededor del 40 por ciento del valor total de todas las exportaciones de Columbia Británica (15 000 millones de

CAD [12 000 millones de USD] por año). En muchas comunidades rurales, el sector forestal es la principal fuente de empleo, y en 2007 representaba 84 000 empleos y el 6,8 por ciento del producto interno bruto de la provincia. Además de su valor maderero, los bosques de la provincia almacenan carbono y suministran agua que es consumida por los hogares, por la industria y por otros sectores. Los bosques proveen importantes bienes de valor cultural y medios de subsistencia para los habitantes de las Naciones Originarias, y son destinos de turismo y lugares de esparcimiento.

UN PARAÍSO PARA EL ESCARABAJO

El pino torcido (*Pinus contorta*) es la especie arbórea más importante de Columbia Británica, y produce el 23 por ciento de la madera en pie de la provincia. Crece en la mayor parte de su zona interior, y se encuentra desde las altitudes medianas hasta las subalpinas. *P. contorta* es el hospedero preferido del escarabajo del pino de montaña. Cuando la población de éste es de carácter endémico, el escarabajo se reproduce en el interior de los árboles debilitados de gran diámetro; y cuando es epidémica, ataca y mata los árboles en extensas superficies.

Durante el siglo pasado, las medidas antiincendios y la reglamentación restrictiva sobre cosechas condujeron al desarrollo de amplias formaciones forestales contiguas que, en los últimos tiempos, han llegado a la madurez constituyendo un hábitat ideal para el escarabajo del pino de montaña. La rápida difusión de la epidemia a través de dichas formaciones ha demostrado la importancia de ordenar las distribuciones por clases de edad y de aumentar la diversidad de las especies sobre el terreno, puesto que un conjunto de especies diversificado y una distribución apropiada de las clases de edad habrían podido reducir la exposición de la zona interior de la provincia al ataque de un tipo único de insecto o patógeno.

EFFECTOS DEL CLIMA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL ESCARABAJO DEL PINO DE MONTAÑA

Durante los últimos diez años, no se han registrado en Columbia Británica las extremas temperaturas invernales, que, en ocasiones anteriores, tuvieron el efecto de reducir la magnitud de los brotes. A lo largo del siglo XX (hasta 1995), el recalentamiento



PRO-TECH FOREST RESOURCES LTD

PARKS CANADA/AGENCE/Р. КУБИАН

Combatiendo el escarabajo del pino de montaña con fuego

del clima fue, en la zona costera de la provincia, de una intensidad aproximadamente equivalente al promedio mundial (0,6 °C) (Ministerio de Ambiente de Columbia Británica, 2002; IPPC, 2001), pero, en el interior, fue dos a tres veces más alto (Figura 1).

Las elevadas temperaturas invernales se tradujeron en una mayor tasa de supervivencia del escarabajo del pino de montaña, que determinó la más grave epidemia entomológica jamás registrada en la provincia. Para 2008, los daños se habían extendido a alrededor de 500 millones de metros cúbicos de madera.

EFFECTOS CAUSADOS POR EL ESCARABAJO DEL PINO DE MONTAÑA

Los brotes de escarabajo del pino de montaña han tenido (o tendrán) numerosos efectos perjudiciales ambientales y socioeconómicos. Los primeros no se han limitado a pérdidas de cubierta forestal madura: por ejemplo, las capas freáticas y los ciclos hidrológicos han experimentado alteraciones locales; y los bosques interiores han dejado de ser sumideros de carbono para convertirse en fuentes de carbono, situación ésta que se debería de mantener hasta 2020. El hábitat vegetal y animal también se ha visto afectado.

Aunque seguirá habiendo repercusiones económicas negativas durante un período prolongado, se han constatado algunos beneficios a breve plazo. Por ejemplo, hasta que la reciente crisis del mercado inmobiliario en los Estados Unidos de América frenase la demanda de madera, la actividad económica en las zonas afectadas del Canadá había experimentado un

aumento, porque el sector forestal intentaba recuperar la mayor cantidad posible de madera comercializable, proveniente de árboles que habían perecido tras el ataque del escarabajo, antes de que ésta acabase degradándose.

El pino muerto puede ser aprovechado como madera dimensionada durante un período sumamente variable. Según ensayos realizados en algunos lugares, la madera que ha sufrido daños causados por el escarabajo se puede utilizar hasta 15 años después del ataque, o incluso más en el caso de las maderas que han sido convertidas en tableros de astillas orientadas, pellets de madera u otros productos (FPInnovations – Forintek, 2008; J.S. Thrower and Associates, 2007a, 2007b; Timberline Natural Resource Group, 2008). La vida útil estimada promedio de los árboles va de 5 a 10 años, y la de los rodales de pino de 8 a 12 años. Sin embargo, como la madera seca expuesta a la intemperie sufre deterioro, se raja fácilmente y tiene una tasa de recuperación reducida, los fabricantes han debido poner a punto técnicas para evitar este problema.

En Columbia Británica, los beneficios económicos derivados de la gran cantidad de madera muerta disponible terminarán agotándose, y en algunas regiones los suministros de madera disponibles a medio plazo se habrán reducido en un 50 por ciento respecto a los niveles que se registraban antes de la plaga.

RELACIÓN DE LAS MEDIDAS QUE SE HAN TOMADO

Limitar el alcance de la plaga: una esperanza vana

La primera medida adoptada en Columbia Británica para contrarrestar esta infestación

–masiva y cada vez más amplia– ha consistido en contener la extensión del brote. No tardó en constatarse que se trataba de una epidemia demasiado grande que no podría ser eliminada o controlada. Sin embargo, se destinaron recursos financieros considerables a las acciones encaminadas a ralentizar el ritmo de la infestación en las zonas periféricas del brote e impedir que éste alcanzase las Montañas Rocosas y de allí pasase al bosque boreal. Desgraciadamente, las esperanzas de que se registraran rígidas temperaturas invernales capaces de matar las crías fueron vanas, y para 2007 el escarabajo había proliferado, llegando, ayudado por las corrientes ventosas, hasta las Montañas Rocosas.

Recuperación de valor

En la zona central afectada por el brote, los esfuerzos no tardaron en concentrarse en recuperar el valor económico de la madera muerta antes de que ésta pudiese deteriorarse. La cosecha fue intensificada en las unidades de ordenación más perjudicadas, que eran los rodales donde el pino representaba más del 70 por ciento del volumen de la madera disponible. Los niveles de cosecha permitidos fueron elevados temporalmente y la reglamentación fue modificada para facilitar la realización de las labores gracias a la intervención de obreros forestales que se trasladaron desde zonas adyacentes no afectadas por la infestación.

Asistencia a las comunidades que dependen de los bosques

Aunque la elaboración de la madera ha aumentado últimamente debido a la intensificación de la cosecha de recuperación, a plazo más largo el brote no dejará de



CIUDAD DE RICHMOND, BC, CANADA

Columbia Británica está impulsando la utilización de la madera para la construcción: en las cercanías de Vancouver, el techo del óvalo olímpico de patinaje veloz para los Juegos Olímpicos Invernales, de una superficie de 2,6 ha, ha sido construido principalmente con madera proveniente de árboles que murieron tras el ataque de escarabajo del pino de montaña

tener repercusiones económicas, sociales y culturales considerables en unas comunidades que durante decenios han dependido de las actividades de tala y aserrío. La administración de Columbia Británica está financiando las coaliciones que se ocupan de la rehabilitación comunitaria mediante la diversificación de las oportunidades económicas. Con esta iniciativa se persigue la estabilidad social durable y se atiende a las aspiraciones locales.

Protección del suministro de madera a medio plazo

El sector forestal también se ha preocupado de mitigar los desajustes a medio plazo en el suministro de madera. Alrededor del 30 por ciento de los rodales de pino muerto tienen un sotobosque suficiente y pueden ser considerados rodales parcial o totalmente cerrados. Con los árboles jóvenes se podría asegurar al menos en parte el suministro de madera en muchas zonas. El señalamiento de los árboles del sotobosque y su protección durante las operaciones de tala tiene ahora gran importancia.

La provincia ha asignado fondos adicionales para la reforestación de las zonas infestadas donde los pinos han muerto y donde no habrá cosecha de recuperación. En el año 2005 el gobierno de Columbia Británica inició un programa de reforestación en áreas deforestadas a causa de

incendios o por ataques del escarabajo del pino de montaña con el objeto de crear bosques productivos sanos. La financiación del programa ha superado los 50 millones de CAD (40 millones de USD) por año. El propósito es mejorar el suministro futuro de madera mediante el restablecimiento de bosques jóvenes en tierras que de otra manera habrían permanecido subproductivas, y evitar los riesgos que pudieran correr otros bienes forestales. Gracias al programa de reforestación se han plantado ya 8 millones de plantones por año y 18 millones de plantones se cultivarán hasta 2010. Durante los próximos cinco años se plantarán 75 millones de plantones.

Sector manufacturero y productos

Los asociados de gobierno, las universidades y la industria han emprendido investigaciones relacionadas con nuevas técnicas de manufactura, el perfeccionamiento de la capacidad de laminado y la creación de productos alternativos provenientes de madera que ha sido atacada por el escarabajo del pino de montaña. Hasta el presente, se han asignado 5,9 millones de CAD (4,7 millones de USD) a la investigación y desarrollo de productos nuevos y la mejora de los procedimientos de manufactura.

Columbia Británica está fomentando el uso de la madera como material de primera elección para la construcción de viviendas, ya que, en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero y consumo energético durante su elaboración, la madera presenta ventajas comparativas respecto al acero y hormigón. Sirva como ejemplo el óvalo olímpico de patinaje veloz para los Juegos Olímpicos Invernales, construido en las cercanías de Vancouver: un millón de pies

tablares de madera aserrada (2 360 m³ [en piezas aserradas de dimensiones nominales]), se han utilizado para la construcción del techo de óvalo, que tiene una superficie de 2,6 ha.

Columbia Británica dispone de energía hidroeléctrica abundante, es menos dependiente de los combustibles fósiles que otras jurisdicciones provinciales y solo ahora ha comenzado a explotar fuentes de energía alternativas. La industria de pellets está conociendo una expansión acelerada, y en 2008 produjo, en Columbia Británica, casi 1 millón de toneladas de pellets de madera, dando empleos directos e indirectos a cerca de 300 personas y generando ingresos por más de 170 millones de CAD (136 millones de USD), provenientes sobre todo de las exportaciones a Europa. La disponibilidad de madera barata en grandes cantidades, de resultados de la infestación, ha representado también un impulso para la producción de celulosa mediante el uso de bioenergía. Al igual que otras provincias, Columbia Británica está conquistando posiciones más altas en la escala del valor añadido al desarrollar los sectores de la gasificación y de otros productos que dependen todos estrechamente de la demanda de mercado.

Valoración social de los bienes ambientales

La población de Columbia Británica vive en su mayoría en centros urbanos alejados de los bosques interiores. Sin embargo, la magnitud de los cambios sufridos por el paisaje tras la infestación y los recientes incendios forestales ha sido tal que en el público ha cundido una toma de conciencia renovada acerca del valor de los servicios brindados por el bosque y los efectos del

cambio climático. Entre las cuestiones que ahora se plantean figura la repercusión que pueda tener el cambio climático y la salud del bosque en el concepto tradicional de aprovechamiento de la tierra, y cómo incorporar los valores sociales en las decisiones de política.

EXPECTATIVAS FUTURAS

Proyecciones climáticas

Se prevé que el aumento medio de la temperatura durante el siglo XXI oscilará entre 1 °C y 6 °C (IPCC, 2007). Este incremento dependerá de hecho de la rapidez con la que se contengan las emisiones, pero los valores que se registrarán podrían superar con creces los de los cien años anteriores. Debido a su situación geográfica septentrional, Columbia Británica se está ya preparando para afrontar nuevos aumentos de esta magnitud o incluso superiores. Los cambios resultantes podrían tener repercusiones significativas en las especies y los ecosistemas.

Cómo entender las respuestas del ecosistema

El cambio climático es una de las principales cuestiones que dan impulso al programa de investigación del Servicio Forestal de Columbia Británica. La Iniciativa para los Ecosistemas Forestales Futuros (véase www.for.gov.bc.ca/hts/Future_Forests) fue creada en 2006 para adaptar las políticas de ordenación y las prácticas con el objeto de acrecentar la resiliencia de los ecosistemas de bosques y pastizales. Por resiliencia se entiende la capacidad

del ecosistema de absorber, recuperarse y adaptarse a los fenómenos de estrés provocados por el cambio climático.

El personal científico del gobierno ha llevado a cabo estudios en colaboración con la Universidad de Columbia Británica con el propósito de elaborar hipótesis sobre los cambios climáticos que podrían afectar a los ecosistemas forestales en el futuro (Figura 2). Los modelos permiten predecir que muchos de los ecosistemas que se encuentran en el territorio de la provincia se verán sometidos dentro de poco a condiciones climáticas que podrían convenir mejor a un mosaico de especies distinto del actual. Lo que es cierto es que la composición de las especies puede no tener la capacidad natural de cambiar tan rápidamente como el clima, de manera que, en algunos lugares, unas especies insuficientemente adaptadas podrían sufrir un estrés mayor. Por este motivo se están indagando procedimientos para una migración asistida de especies de árboles y proveniencias hacia zonas que en el futuro podrán tener un clima más apropiado.

Reevaluación de la normativa y las prácticas forestales

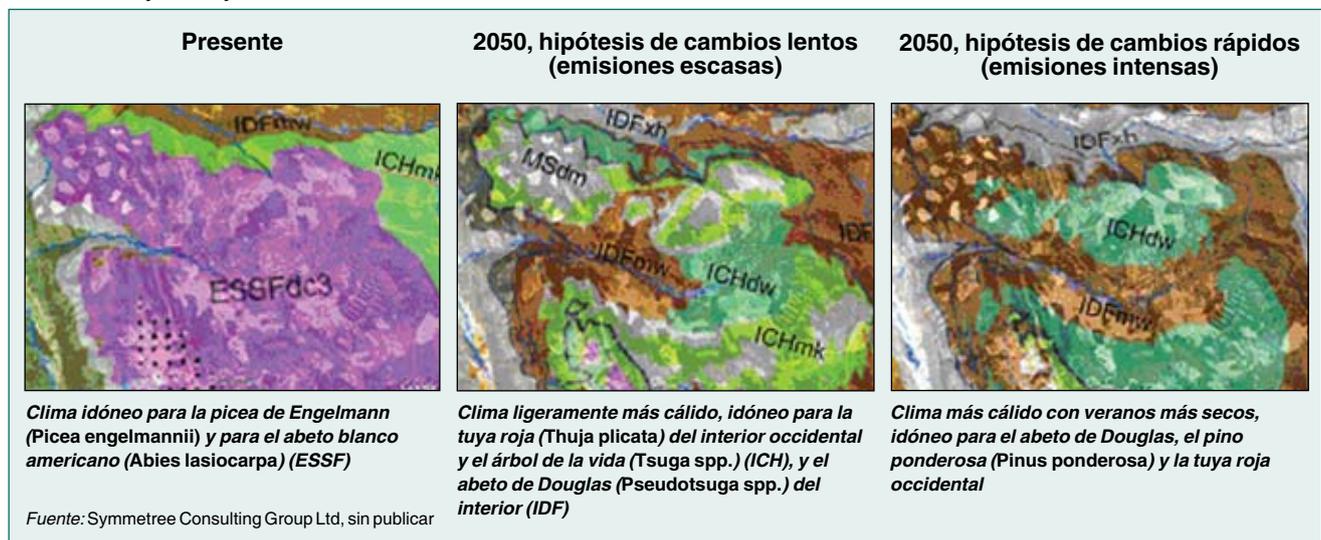
La epidemia de escarabajo del pino de montaña ha puesto de manifiesto la complejidad y el carácter imprevisible que pueden tener las repercusiones de un grave acontecimiento perturbador. La rapidez con la que se manifiesta el fenómeno puede poner a dura prueba la capacidad del gobierno de satisfacer las expectativas de la sociedad.

Para hacer frente al cambio climático, todo el aparato normativo del Ministerio de Bosques y Pastizales de Columbia Británica se ha sometido a revisión. Por ejemplo, el concepto de mejora de árboles forestales, anteriormente un asunto esencialmente relacionado con el crecimiento, ha sido ampliado para comprender asimismo la resiliencia.

Aunque el cambio climático se traduce en algunas ventajas para los bosques, los costos asociados con agentes tales como el fuego, las plagas y el agua superarán en fin de cuentas con mucho los beneficios que se puedan obtener. La oportunidad de ajustar las prácticas de ordenación forestal se ve limitada por la muy exigua proporción (alrededor del 0,3 por ciento) de tierras forestales que son cosechadas cada año en la provincia. Esto evoca la necesidad de adoptar prácticas de adaptación con el fin de que tanto las comunidades como las economías ostenten una resiliencia reforzada.

Sin embargo los daños resultantes del cambio climático no se solventarán ajustando tan sólo los sistemas naturales o los humanos. Una acción decidida de mitigación es indispensable para que la adaptación surta efecto. La aportación del gobierno de Columbia Británica a la reducción de los gases de efecto invernadero, responsables, junto con otros agentes, del cambio climático, ha consistido en la creación de un impuesto de carbono neutral sobre las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la quema de sustancias combustibles fósiles. Los emisores están obligados a efectuar pagos por

2 Hipótesis climáticas para la zona del Arroyo Cahilly



tonelada de gas emitida que equivalen, para todos los sectores de la economía, a un desincentivo para la contaminación por emisiones. Las empresas y particulares en Columbia Británica tienen la posibilidad de reducir sus pagos de impuestos al limitar su consumo de combustibles, usar combustibles limpios, aumentar la eficiencia de los combustibles utilizados o adoptar nuevas tecnologías energéticas. Podrían incluso compensar en su totalidad las emisiones producidas si aprovecharan las ventajas de los mercados de carbono emergentes. La ley obliga al gobierno de Columbia Británica a demostrar que los impuestos de carbono recaudados en la provincia han sido devueltos por completo a las empresas y particulares en forma de reducciones tributarias.

Columbia Británica participa también, junto a siete estados de los Estados Unidos de América y cuatro provincias canadienses, en la Iniciativa Climática Occidental, en cuyo ámbito se está elaborando un sistema de comercio de derechos de emisión destinado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de plantas que emiten 100 000 o más toneladas de equivalente de dióxido de carbono al año. Aunque la deforestación es escasa en la provincia, Columbia Británica está igualmente empeñada en establecer una reglamentación para reducir o eliminar la deforestación neta.

Aspectos sociales

Para todas las operaciones de su sistema de ordenación forestal, Columbia Británica está adoptando una planificación basada en hipótesis y procedimientos destinados a crear capacidad de adaptación. Todos los problemas se consideran problemas de índole social, y por ende la resolución de los retos medioambientales radica en las personas. La ciencia es indispensable para resolver los asuntos relacionados con el cambio climático, pero por sí sola es insuficiente.

En la actualidad, para proteger la calidad del aire, y por otros motivos, la opinión pública presiona para conservar los árboles viejos y reducir o eliminar los fuegos. Pero los árboles viejos son fácil presa de agentes perturbadores como el escarabajo del pino de montaña; y conforme el clima cambia, los movimientos de opinión que propugnan la prohibición de las quemas podrían menoscabar los esfuerzos encaminados a mantener la salud de los rodales.

El gobierno de Columbia Británica está sensibilizando a la gente acerca del cambio climático y estimula a individuos y organizaciones para encontrar soluciones innovadoras relacionadas con los problemas que se plantean. Para hacer frente al cambio climático de manera eficaz, es preciso modificar los comportamientos; sin embargo, los datos e informaciones no mudan por lo general la actitud de los individuos. Por ello, es menester reconocer que los impactos derivados del cambio climático son producto de las pautas del comportamiento humano. Si se pretende hacer que los comportamientos varíen, será oportuno no solo efectuar ajustes en las estructuras comerciales y en los incentivos, sino también difundir mensajes impactantes que conmuevan las emociones y satisfagan el entendimiento.

EN SÍNTESIS

Las ideas y enfoques de los gestores forestales de Columbia Británica se han ampliado tras los problemas planteados por la epidemia del escarabajo del pino de montaña. La epidemia ha puesto de relieve las consecuencias potenciales no buscadas de las intervenciones humanas en los ecosistemas naturales, y la necesidad de desarrollar la resiliencia de los ecosistemas, de los individuos y de las comunidades.

Para enfrentar holísticamente los desafíos sistémicos del cambio climático, el gobierno provincial ha multiplicado los canales de didáctica organizacional, se ha dotado de una administración progresista y ha establecido nexos robustos entre investigadores y políticos. Sus esfuerzos han dado frutos gracias a un trabajo interdisciplinario, por ejemplo en materia de salud forestal, análisis del suministro de madera y planificación comunitaria.

Los problemas y las soluciones forman parte de un sistema de influjos mundiales complejo. Por ejemplo, la expansión económica china repercute en el precio del petróleo en todo el mundo. Las subvenciones estadounidenses a los granos afectan a la superficie destinada en todos los lugares del mundo a la producción de fibras y alimentos. Los aranceles aduaneros rusos sobre las trozas determinan el precio de las trozas en el comercio internacional. Una infestación por escarabajo del pino de montaña influye en el precio de la madera en los Estados Unidos de América. Todos estos factores condicionan

la capacidad de mantener un suministro regular de madera en Columbia Británica y de apoyar a las comunidades que dependen de los bosques.

Las preguntas que se han formulado superan en número las respuestas que pueden recibir. Columbia Británica persigue ensayar diversas hipótesis futuras, no solo respecto al clima sino también respecto a los sistemas ecológicos y humanos. Este objetivo implica modificar las relaciones que se entablan entre las diferentes instancias de gobierno y organismos gubernamentales, por una parte, y la industria y las comunidades, por otra. Están surgiendo innovaciones en campos de intereses que se solapan; por ejemplo, las empresas energéticas se están asociando con empresas forestales, dando origen a nuevas tecnologías y productos.

Ninguna comunidad u organismo está preparado para afrontar por sí solo los cambios que depara el futuro. Los gobernantes deben prestar su apoyo a la diversificación, evitar la creación de organizaciones jerárquicas rígidas que impiden la innovación, y mantener una visión universalista, abierta e inquisitiva. ♦

«Diez mil millones de escarabajos no se pueden equivocar – Compre pino de Columbia Británica»



Bibliografía

- FPInnovations – Forintek.** 2008. *Predicting yields from post MPB attacked sawlogs.* Canadian Forest Service Internal Report for Project 5754.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).** 2001. *Cambio climático 2001: la base científica.* Resumen para responsables de políticas. Parte de la contribución del Grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.
- IPCC.** 2007. *Cambio climático 2007: base de ciencia física.* Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.

- J.S. Thrower and Associates.** 2007a. *Shelf life study on log quality and volumes in mountain pine beetle-killed lodgepole pine in the B.C. central interior.* British Columbia Ministry of Forests and Range Internal Report for Projects MFZ-010 and MFF-006.
- J.S. Thrower and Associates.** 2007b. *Field sampling for attributes related to the shelf life of mountain pine beetle-killed lodgepole pine in the sub-boreal spruce (SBS) biogeoclimatic zone.* Canadian Forest Service Internal Report for Project 8.38.
- Ministerio de Ambiente de Columbia Británica.** 2002. *Indicators of climate change for British Columbia 2002.* Victoria, Columbia Británica, Canadá. Disponible en: www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat
- Timberline Natural Resource Group.** 2008. *Preliminary analysis of mountain pine beetle shelf-life 2007 grey attack.* British Columbia Ministry of Forests and Range Internal Report for Project BC0108551. ♦

Repercusiones del cambio climático en la distribución de los pinos tropicales en Asia sudoriental

M. van Zonneveld, J. Koskela, B. Vinceti y A. Jarvis

Para predecir las modificaciones en la distribución de Pinus kesiya y P. merkusii y los eventuales efectos en la conservación y uso de los recursos genéticos de estas especies, se recurre a modelos climáticos de envoltura.

Los bosques de pino natural de Asia sudoriental se componen de dos especies de gran importancia económica –*Pinus kesiya* y *P. merkusii*– y de dos especies endémicas raras –*P. dalatensis* y *P. krempfii*–. Pese a la realización de diversos proyectos de conservación (por ejemplo, Centro Danida de semillas forestales, 2000; Razal *et al.*, 2005), la deforestación ha sido la causa de que la superficie ocupada por estas especies haya disminuido en las últimas décadas (FAO, 2007). Las prácticas insostenibles de resinación y de recolección de leña han degradado muchos de los rodales remanentes. La regeneración, crecimiento y distribución de estos pinares se verán probablemente amenazados asimismo por los efectos del cambio climático.

Aunque la deforestación ha determinado la erosión de los recursos genéticos de las especies de pino, los pinares remanentes encierran aún recursos genéticos que podrían ser usados para la rehabilitación

de los pinares naturales degradados, el mejoramiento de los árboles y el establecimiento de plantaciones de árboles.

Este artículo describe la aplicación de modelos climáticos de envoltura para la estimación de la presencia potencial de *P. kesiya* y *P. merkusii* en Asia sudoriental en las condiciones climáticas actuales, y analiza las modificaciones en la frecuencia de los individuos que podrían resultar del cambio climático. También se discuten las consecuencias, desveladas por los modelos, de la conservación y uso de los recursos genéticos de ambas especies en Asia sudoriental.

LOS PINOS DE ASIA SUDORIENTAL

Pinus kesiya crece en tierras altas (800 a 1 200 m), y se encuentra desde las colinas de Assam en la India a través de Myanmar, Tailandia, la República Democrática Popular Lao, Viet Nam y Camboya hasta China meridional y Filipinas (Turnbull, Armitage y Burley, 1980).

El *Pinus kesiya* crece en tierras altas en Asia sudoriental: rodal natural en un montículo (pendiente izquierda) situado a 1 200 a 1 300 m de altitud, provincia de Chiang Mai (Tailandia septentrional)



Maarten van Zonneveld es experto asociado de la oficina para las Américas de Biodiversity International en Cali (Colombia).

Jarkko Koskela y **Barbara Vinceti** trabajan en la oficina para Europa de Biodiversity International en Maccarese, Roma (Italia).

Andy Jarvis trabaja en Biodiversity International y en el Centro internacional de agricultura tropical (CIAT) en Cali (Colombia).



El *Pinus merkusii* crece en zonas de altitud menor: un rodal natural situado a una altitud de 600 m, provincia de Chiang Mai (Tailandia septentrional)

P. merkusii crece en tierras de altitud menor en los países mencionados, con exclusión de China e India (Cooling, 1968), y también en Indonesia (Sumatra); es por tanto la única especie de pino que crece de forma natural en el hemisferio sur. *P. daltensis* y *P. krempfii* se dan tan sólo en las tierras altas de Viet Nam meridional (Richardson y Rundel, 1998).

P. kesiya es plantada tanto dentro como fuera de su ámbito natural, y se ha convertido, sobre todo en varios países africanos, en una importante especie de silvicultura de poblaciones forestales artificiales. El valor de *P. merkusii* como especie para plantaciones artificiales es menor, porque en Asia sudoriental continental el incremento en altura inicial de los plantones se retrasa varios años (debido a que la especie pasa por una «etapa de pasto» cuando sus agujas forman matas de hierba durante el período de desarrollo de una robusta raíz pivotante; estas características se consideran ventajosas para la selección por regeneración natural en zonas donde los incendios forestales son frecuentes). Como las poblaciones insulares de *P. merkusii* no pasan por la «etapa de pasto», la especie ha sido utilizada para plantación tan sólo en Indonesia.

P. kesiya y *P. merkusii* crecen en suelos pobres y bien drenados, y forman a menudo rodales mixtos conjuntadas con especies

latifoliadas (por ejemplo, *Dipterocarpus*, *Quercus* y *Shorea*). Ambas especies de pino están relativamente bien adaptadas a los incendios forestales, pero los frecuentes fuegos de origen humano impiden la regeneración completa y ocasionan la formación de rodales abiertos que se asemejan a los de sabana. Sin embargo, los fuegos pueden favorecer el establecimiento de los pinos en lugares que de otra manera hubiesen sido ocupados por latifoliadas competidoras (Turakka, Luukkanen y Bhumibhamon, 1982).

PREDICCIÓN DE ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN PRESENTES Y FUTURAS

Los modelos climáticos de envoltura son una herramienta práctica que permite evaluar rápidamente el impacto potencial del cambio climático en la distribución de las especies y los ecosistemas. Para realizar la modelación se adquiere documentación geográfica sobre la distribución de la especie con el objeto de predecir su nicho climático, es decir su presencia potencial. Los desplazamientos futuros que sufrirá el nicho se estiman en base a proyecciones climáticas tomadas de modelos de circulación global.

Para los análisis de las especies de *Pinus* en Asia sudoriental se utilizaron datos de procedencias de poblaciones naturales consideradas lugares de origen geográfico de

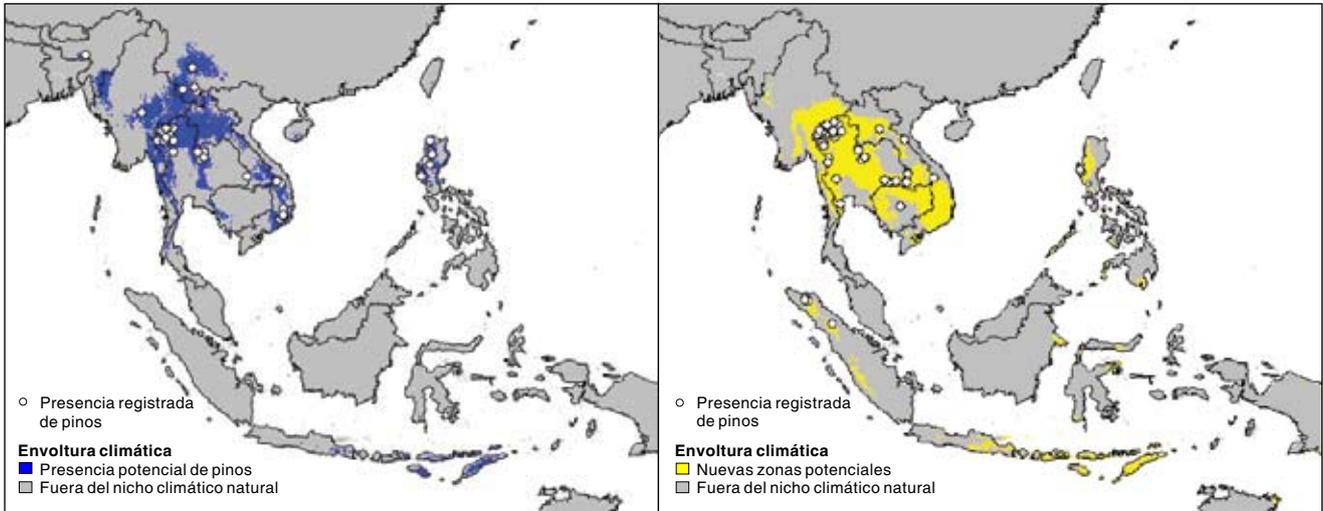
semillas para los programas de recolección (FAO, 1970; Centro danés/FAO de semillas forestales, 1973; Barnes y Keiding, 1989) y rodales boscosos prioritarios para los programas de conservación *in situ* (Centro Danida de semillas forestales, 2000; Razal *et al.*, 2005), así como datos de herbario accesibles libremente en la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (véase www.gbif.org). Los datos comprendían procedencias de 46 poblaciones naturales de *P. kesiya* y 50 poblaciones naturales de *P. merkusii*.

Para describir el clima actual en los sitios de las poblaciones naturales de pino se utilizaron 19 variables climáticas Bioclim (Busby, 1991) derivadas de las capas climáticas mundiales de la base de datos WORLDCLIM (Hijmans *et al.*, 2005a). De la base de datos también se extrajeron informaciones sobre el rango de altitudes presente de las especies. Se realizaron proyecciones climáticas para el año 2050 según predicciones promedio de dos modelos de circulación global ampliamente utilizados –el HADCM3 y el CCCMA– con arreglo a una hipótesis de emisiones de CO₂ en la que se estima que todo sigue igual.

Para elaborar la envoltura climática presente y futura respecto a la frecuencia natural de las dos especies de pino se aplicó el programa Maxent de modelos climáticos de envoltura (Phillips, Anderson y Schapire, 2006). A continuación se cartografiaron las envolturas, y se observaron los cambios o desplazamientos de las zonas de distribución.

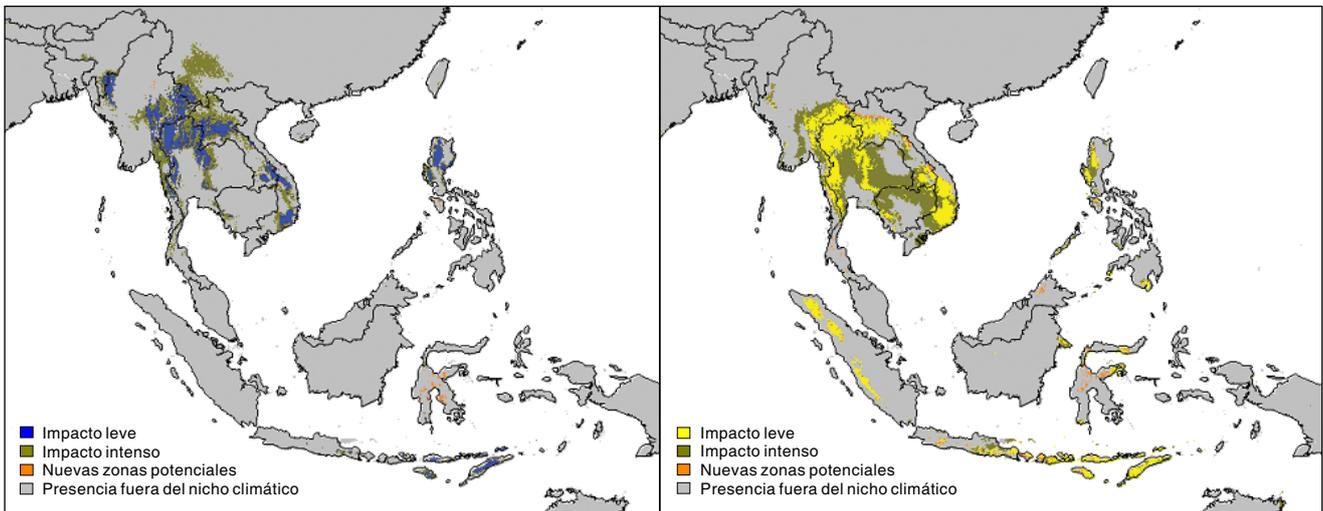
DISTRIBUCIÓN DE PINOS ACTUAL Y POTENCIAL BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS PRESENTES

La envoltura climática diseñada para *P. kesiya* (Figura 1) muestra que, además de las zonas en las que se ha registrado la existencia de poblaciones naturales, la especie podría también estar presente potencialmente en diversos otros lugares de Myanmar, Tailandia nororiental y meridional, la República Democrática Popular Lao y Camboya sudoccidental. Si bien en Myanmar se ha registrado la existencia de tan sólo una población, es probable que *P. kesiya* esté presente más abundantemente en ese país de lo que pareciera indicar la información disponible. Las provincias indonesias de Java y Nusa Tenggara quedan fuera de la zona de distribución natural de *P. kesiya*, pero, según se ha constatado, tienen un clima apropiado para el desarrollo de la especie.



1
Presencia registrada y potencial de Pinus kesiya

2
Presencia registrada y potencial de Pinus merkusii



3
Predicción del impacto del cambio climático respecto a la presencia de Pinus kesiya natural

4
Predicción del impacto del cambio climático respecto a la presencia de Pinus merkusii natural

La envoltura climática delineada para *P. merkusii* (Figura 2) coincide con la pauta de distribución de las especies observada en Asia sudoriental continental y en Sumatra. Los resultados del modelo indican que el clima es apropiado para el desarrollo de *P. merkusii* fuera de su zona de distribución geográfica natural en diversos lugares de archipiélago malasio y en Australia septentrional.

IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PINOS

En términos generales, pocas son las zonas de Asia sudoriental continental que, de resultas del cambio climático, ofrecerán condiciones propicias para el desarrollo de

las dos especies de pino (Figuras 3 y 4). Se ha anticipado que los rodales de *P. merkusii* de las tierras bajas de Camboya y Tailandia puedan ser los más amenazados por las alteraciones climáticas (Figura 4). En cambio, se predice que en varias partes del archipiélago malasio el clima será más favorable para las plantaciones de *P. merkusii* y que lo será algo menos para las de *P. kesiya*.

La mayor parte de las poblaciones de *P. kesiya* registradas se encuentran en zonas de altitud mayor, por lo general a 1 022 m sobre el nivel del mar, y no se espera que el cambio climático las afecte mayormente. Las poblaciones de *P. kesiya* presentes en zonas caracterizadas por variaciones de los

valores estacionales de temperaturas altas serán las más amenazadas (Cuadro 1), y especialmente las que se encuentran en China meridional (Figura 3). Sin embargo, el impacto del cambio climático sufrido por estas poblaciones podría no ser tan drástico como lo predicen los modelos de envoltura. Las proveniencias chinas de *P. kesiya* establecidas en terrenos de ensayo en África sudoriental y Viet Nam fuera del ámbito climático natural de la especie han mostrado rendimientos moderadamente buenos (Costa e Silva, 2007); esto indica que bien podrían adaptarse a condiciones climáticas nuevas.

Se pronostica que los bosques de *P. merkusii* que ya se encuentran en zonas

de temperaturas elevadas serán los más vulnerables a los efectos del cambio climático (Cuadro 2). Las proveniencias de tierras bajas en Tailandia oriental y Camboya septentrional en particular serán las que más sufrirán los efectos del aumento pronunciado de la temperatura (Figura 4). Se espera que en varios de estos rodales se registren temperaturas que podrían superar el rango de tolerancia de la especie, con máximas en el mes más cálido del año 2050 por encima de los 36 °C (Cuadro 2), un valor que, según la base de datos Ecocrop de la FAO (véase Hijmans *et al.*, 2005b), matará los árboles adultos. Las proveniencias locales de *P. merkusii* existentes en estas zonas podrían sufrir degradación y terminar extinguiéndose.

CONSECUENCIAS

La amplitud de las zonas de distribución potencial de las dos especies de pino no implica necesariamente que los pinares puedan sobrevivir sin mayores dificultades. De hecho, los sitios de distribución actual comprenden un pequeño número de bosques que han quedado después de las cortas y de las actividades de explotación con fines de obtención de leña. En consecuencia, y según criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2008), la conservación *P. merkusii* se caracteriza ya por una situación de vulnerabilidad. El cambio climático representa una amenaza adicional, puesto que las poblaciones naturales de estas especies están aún más expuestas a degradación y corren el riesgo de extinguirse.

Como se indicó anteriormente, se pronostica que las proveniencias de *P. merkusii* de tierras bajas hayan de ser las más afectadas por el cambio climático. La degradación y extinción de estas proveniencias podría traducirse en una pérdida importante de recursos genéticos para la silvicultura de poblaciones forestales artificiales y para las actividades de reforestación relacionadas con estas especies. Como muchos rodales de *P. merkusii* de tierras bajas están en lugares aislados, es probable que la migración de las proveniencias de tierras bajas hacia tierras de altura donde el clima es más favorable se vea limitada. Por lo tanto, el trasplante de las proveniencias de *P. merkusii* de tierras bajas a zonas climáticamente más apropiadas pareciera ser la única alternativa que permitiese conservar

los recursos genéticos *in situ*. En Michoacán (México), para conservar las proveniencias de *P. oocarpa* se ha recomendado adoptar medidas análogas (Sáenz-Romero, Guzmán-Reyna y Rehfeldt, 2006).

Los modelos de envoltura para la predicción del cambio climático toman en consideración los rangos climáticos en los cuales las especies existen naturalmente en la actualidad. Los modelos podrían arrojar sobreestimaciones acerca del impacto del cambio climático, ya que las especies podrían manifestar una capacidad de adaptación a una gama climática más amplia. Por lo demás, diversas especies de pino subtropicales y tropicales, entre las que está *P. kesiya*, ostentan un alto grado de variación genética y toleran un amplio rango de climas. Los ensayos llevados a cabo con especímenes provenientes de

múltiples lugares han mostrado que éstos se adaptan bien a un amplio rango de climas, y que podrían por consiguiente también amoldarse a condiciones climáticas nuevas en su propio hábitat natural, pese a que en los estudios realizados con modelos de envoltura se pronostique que tales condiciones son inadecuadas (van Zonneveld *et al.*, 2009).

Además del clima, las condiciones del suelo, la competencia entre las plantas y otros factores influyen también en la frecuencia de las especies y representan otros tantos elementos que limitan su distribución presente y el desplazamiento futuro de las zonas de distribución. Sin embargo, como se considera que el clima es el motor principal de los futuros cambios que afectan a las zonas de distribución, en los modelos de predicción climática no se han tenido

CUADRO 1. Cambios promedio pronosticados respecto a cinco variables del clima para poblaciones de *Pinus kesiya* en zonas de impacto leve e intenso

Variables del clima	Poblaciones en zonas de impacto leve			Poblaciones en zonas de impacto intenso		
	Presente	2050	Variación	Presente	2050	Variación
Temperatura media anual (°C)	21,7	23,3	1,6	22,9	24,3	1,3
Temperatura máxima en el mes más cálido (°C)	30,4	32,7	2,3	32,0	33,9	1,9
Variaciones estacionales de la temperatura (desviación estándar respecto a la temperatura media anual x 100)	197,0	188,9	-8,1	271,3	259,3	-12,0
Precipitaciones anuales (mm)	1754,1	1974,3	220,2			176,7
Precipitaciones en el trimestre más seco (mm)	53,6	48,3	-5,3	60,4	56,5	-3,9

CUADRO 2. Cambios promedio pronosticados respecto a cinco variables del clima para poblaciones de *Pinus merkusii* en zonas de impacto leve e intenso

Variables del clima	Poblaciones en zonas de impacto leve			Poblaciones en zonas de impacto intenso		
	Presente	2050	Variación	Presente	2050	Variación
Temperatura media anual (°C)	22,9	24,3	1,3	26,7	28,4	1,7
Temperatura máxima en el mes más cálido (°C)	32,0	33,9	1,9	34,3	36,7	2,5
Variaciones estacionales de la temperatura (desviación estándar respecto a la temperatura media anual x 100)	271,3	259,3	-12,0	161,2	170,8	9,6
Precipitaciones anuales (mm)	1511,0	1687,7	176,7	1721,7	1862,7	141,0
Precipitaciones en el trimestre más seco (mm)	60,4	56,5	-3,9	35,6	32,1	-3,5



Bibliografía

en cuenta tales otros factores. Es más, las proyecciones de los modelos de circulación global varían considerablemente, y por consiguiente los modelos de predicción climática tienen un margen de incertidumbre. No obstante, a pesar de sus limitaciones, los modelos de envoltura se consideran una herramienta eficaz para lograr una primera aproximación del impacto climático potencial en la frecuencia de las especies (Pearson y Dawson, 2003).

Este enfoque también podría aplicarse a otras especies y a otras regiones. Por ejemplo, se han usado métodos similares para predecir los efectos del cambio climático en el pino y especies de roble (*Quercus*) en México (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007) y numerosas especies de árboles en los Estados Unidos de América (Iverson *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Los modelos climáticos de envoltura han ayudado a predecir qué bosques de pino se verán afectados con mayor probabilidad por efecto del cambio climático, y han permitido poner en práctica programas de conservación forestal y de ordenación no solo para anunciar cuáles serán los impactos, sino también para determinar oportunidades. Se espera que el cambio climático tenga repercusiones favorables en la silvicultura de poblaciones forestales artificiales de pino en el archipiélago malasio conforme aparezcan nuevas zonas dotadas de un clima idóneo para el establecimiento de *P. merkusii*, o algo menos idóneo para el establecimiento de *P. kesiya*.

A pesar de que las especies de este estudio pueden adaptarse de formas no previstas en los modelos a las nuevas condiciones climáticas, la situación de las proveniencias de tierras bajas de *P. merkusii* en Asia sudoriental continental parece ser crítica a la luz del aumento esperado de unas temperaturas que estarán por encima de la capacidad de tolerancia de las especies. Es probable que, de no tomarse medidas de conservación adecuadas, estas proveniencias terminen degradándose o extinguiéndose en las próximas décadas en aquellos lugares donde hoy se presentan de forma natural. ♦

- Barnes, R.D. y Keiding, H.** 1989. *Ensayos internacionales de procedencias de Pinus kesiya*. *Recursos Genéticos Forestales*, 17: 26-29. Roma, FAO.
- Busby, J.R.** 1991. BIOCLIM – a bioclimatic analysis and prediction system. En C.R. Margules y M.P. Austin, eds. *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis*, pp. 64-68. Canberra, Australia, Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO).
- Cooling, E.N.** 1968. *Pinus merkusii*. *Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics* No. 4. Oxford, Reino Unido, Commonwealth Forestry Institute.
- Costa e Silva, J.** 2007. *Evaluation of an international series of Pinus kesiya provenance trials for adaptive, growth and wood quality traits*. Forest & Landscape Working Papers No. 22. Copenhagen, Dinamarca, Forest & Landscape Denmark.
- Danida Forest Seed Centre.** 2000. *Conservation of genetic resources of Pinus merkusii in Thailand*. Technical Note No. 58. Humlebaek, Dinamarca.
- Danish/FAO Forest Tree Seed Centre.** 1973. *Pinus merkusii* provenance collections 1972. *Forest Genetic Resources Information*, 2: 62-63.
- FAO.** 1970. Nota sobre existencias de semillas de árboles de determinadas procedencias. *Unasylva*, 97/98: 130-132.
- FAO.** 2007. *Situación de los Bosques del Mundo 2007*. Roma.
- Gómez-Mendoza, L. y Arriaga, L.** 2007. Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology*, 21: 1545-1555.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. y Jarvis, A.** 2005a. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Jarvis, A., O'Brien, R., Mathur, P., Bussink, C., Cruz, M., Barrantes, I. y Rojas, E.** 2005b. *DIVA-GIS Version 5.2 manual*. Disponible en: www.diva-gis.org
- Iverson, L.R., Prasad, A.M., Matthews, S.N. y Peters, M.** 2008. Estimating potential habitat for 134 eastern US tree species under six climate scenarios. *Forest Ecology and Management*, 254: 390-406.
- Pearson, R.G. y Dawson, T.E.** 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361-371.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190: 231-259.
- Razal, R.A., Tolentino, E.L.T. Jr., Carandang, W.M., Nghia, N.H., Hao, P.S. y Luoma-Aho, T.** 2005. Status of genetic resources of *Pinus merkusii* (Jungh et De Vriese) and *Pinus kesiya* (Royle ex Gordon) in Southeast Asia. Los Baños, Filipinas y Serdang, Malasia, Colegio de Silvicultura y Recursos Naturales de la Universidad de Filipinas, Los Baños y Oficina Regional para Asia, el Pacífico y Oceanía del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)
- Richardson, D.M. y Rundel, P.W.** 1998. Ecology and biogeography of *Pinus*: an introduction. En D.M. Richardson, ed. *Ecology and biogeography of Pinus*, pp. 3-46. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Sáenz-Romero, C., Guzmán-Reyna, R.R. y Rehfeldt, G.E.** 2006. Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, Mexico – implications for seed zoning, conservation, tree breeding and global warming. *Forest Ecology and Management*, 229: 340-350.
- Turakka, A., Luukkanen, O. y Bhumibhamon, S.** 1982. Notes on *Pinus kesiya* and *P. merkusii* and their natural regeneration in watershed areas of northern Thailand. *Acta Forestalia Fennica*, No. 178.
- Turnbull, J.W., Armitage, F.B. y Burley, J.** 1980. Distribution and ecology of the *Pinus kesiya* complex. En F.B. Armitage y J. Burley, eds. *Pinus kesiya*, pp. 13-45. Tropical Forestry Paper 9. Oxford, Reino Unido, Commonwealth Forestry Institute.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).** 2008. *2008 IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible en: www.iucnredlist.org.
- van Zonneveld, M., Jarvis, A., Dvorak, W., Lema, G. y Leibing, C.** 2009. Climate change impact predictions on *Pinus patula* and *Pinus tecunumanii* populations in Mexico and Central America. (Presentado para publicación.) ♦

Efectos del cambio climático mundial en los árboles y arbustos raros

M.S. Devall

Más que en el presente, el clima ha registrado en épocas pasadas variaciones con períodos de tiempo más frío, cálido, seco o húmedo. Las plantas han logrado adaptarse a tales variaciones, pero un recalentamiento generalizado y rápido podría tener efectos desastrosos en los árboles y arbustos raros, es decir en aquellas especies nativas que cuentan entre las más infrecuentes de una región y que más necesitan de los esfuerzos de conservación. Las plantas y comunidades vegetales raras son a menudo individuos o poblaciones residuales de épocas pasadas que han podido sobrevivir en una localidad gracias a una particular combinación de condiciones ambientales.

Los árboles forestales y arbustos raros deben hacer frente a amenazas de conservación muy especiales. Para las plantas raras, un clima más seco podría ser estresante, pero un clima más húmedo podría ser causa de inundaciones. Las tierras anegadizas, sobre todo si ya han sufrido degradación, serían vulnerables a la desecación en una atmósfera más cálida. A consecuencia del clima cálido, los árboles y arbustos raros serán probablemente los que mayor riesgo de extinción corren. Muchas especies raras tienen características que las ponen en situación de riesgo, tales como poblaciones exiguas, un hábitat especializado o una distribución geográfica limitada. En el sur de los Estados Unidos de América, por ejemplo, un grupo de especies de árboles y arbustos raros se encuentra confinado en extensiones de 100 o menos kilómetros de latitud, y muy pocas tienen un ámbito de distribución continuo no disyunto de más de 100 km. Las plantas que viven en zonas montañosas pueden encontrar refugio eligiendo lugares de altitud mayor, en donde ello resultase posible. Las comunidades vegetales que se encuentran en lugares de altitud menor son vulnerables a la elevación del nivel de los mares. En muchas regiones, el aprovechamiento de la tierra ha sido la causa de que las posibilidades de adaptación de las especies de plantas raras sean más escasas. El cambio climático ha determinado que éstas sean cada vez más vulnerables a las especies vegetales y animales invasivas. Sin la intervención del hombre, es probable que muchos árboles y arbustos raros terminen extinguiéndose.

Lindera melissifolia es un ejemplo de especie vegetal rara del sudoeste de los Estados Unidos de América que se verá probablemente amenazada por el cambio climático mundial. La lindera es un arbusto que mide hasta 2 m

de alto y crece en tierras húmedas inundadas y en las márgenes húmedas de sumideros, estanques y depresiones. Es una especie dioica, y los clones femeninos son por lo general más pequeños que los masculinos; algunos rodales suelen no contener clones femeninos. Tal como ocurre con muchas especies clonales, las plántulas se observan raramente. La distribución y abundancia de los individuos de *L. melissifolia* ya ha sido afectada por la destrucción y alteración del hábitat, especialmente debido al corte de la madera, el aclareo del terreno y el drenaje o la inundación locales de las tierras húmedas. La especie fue incluida en la lista de las especies en peligro del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos en 1986. Muchas de las colonias existentes son pequeñas y ocupan solo una porción del hábitat que aparentemente les podría convenir. El valle aluvial del Misisipi inferior, zona donde se localizan los dos tercios de la población actual de *L. melissifolia*, es uno de los ecosistemas más amenazados de los Estados Unidos de América. Como gran parte del hábitat idóneo para la dispersión de la lindera está hoy fragmentado, las poblaciones que mueren generalmente no serán reemplazadas.

Lindera melissifolia
es una especie rara
amenazada por el
cambio climático



C.T. BRYSON
USDA/AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE/BLGWOOD.ORG

Margaret Devall es ecóloga del Servicio Forestal de los Estados Unidos para Bottomland Hardwoods Research, Estación de Investigación del Sur, Stoneville, Misisipi (Estados Unidos de América).

El cambio climático y la conservación de *Araucaria angustifolia* en Brasil

M. Silveira Wrege, R.C.V. Higa, R. Miranda Britez, M. Cordeiro Garrastazu, V.A. de Sousa, P.H. Caramori, B. Radin y H.J. Braga

La cartografía de la vulnerabilidad climática permite predecir las zonas donde el cambio climático tendrá repercusiones drásticas en determinadas especies o poblaciones de árboles, y asignar a éstas un lugar prioritario en las actividades de conservación.

El bosque mixto ombrófilo (tolerante a precipitaciones intensas) en Brasil meridional, que ostenta un dosel en el que predomina el pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), se conoce también como bosque de araucaria (Veloso, Rangel Filho y Lima, 1991). La composición de la vegetación de este bosque varía sin embargo significativamente en función de la latitud, la altitud, el suelo y el microclima (Reitz y Klein, 1966). Este tipo de bosque se encuentra solo en el neotrópico y es típico de la altiplanicie meridional.

Los bosques de *Araucaria angustifolia* están hoy sometidos a grandes presiones debido a que se localizan por lo general en zonas densamente pobladas. Los cambios en el clima, recientes o pronosticados, conllevarán probablemente nuevas dificultades para la supervivencia de estas poblaciones arbóreas. El presente artículo describe el origen del bosque de araucaria y esboza las modificaciones sufridas por el bosque a lo largo del cenozoico –la era geológica más reciente y aún no conclusa– de resultados del cambio climático. Se ponen de relieve algunas de las insuficiencias de la moderna cartografía de la vulnerabilidad climática respecto a las poblaciones descritas, así como la importancia de mantener su variabilidad genética y de permitir su adaptación a un clima cambiante, y, en consecuencia, su conservación.

ACERCA DEL BOSQUE DE ARAUCARIA Y A. ANGUSTIFOLIA

En Brasil, los bosques de araucaria están al sur del trópico de Capricornio, entre altitudes comprendidas entre 50 y 1 800 m, y más frecuentemente entre 500 y 1 200 m, y se encuentran rodeados de bosque subtropical húmedo. También existen poblaciones fragmentadas de *A. angustifolia* en

Argentina nororiental y Brasil sudoriental (Hueck, 1953). El bosque de araucaria cubre una superficie de 177 600 km² en Brasil (Leite y Klein, 1990) y de 2 100 km² en Argentina (Giraud *et al.*, 2003).

La presencia de *A. angustifolia* en Brasil se debe a la deriva continental, que ha ocasionado la dispersión de los ancestros de la araucaria y de otros individuos vegetales. Los fósiles de araucaria se encuentran distribuidos en todo el mundo, pero las especies supervivientes solo están en Australia (siete especies) y América del Sur (dos especies). Esto explica que sea incierta la región de Brasil meridional de la que es oriunda *A. angustifolia*. La elevación de la plataforma continental durante el pleistoceno tardío (una época geológica que comienza hace 1,8 millones de años y finaliza 10 000 años antes del presente), hasta alcanzar altitudes que permitieron que el clima lluvioso fuese idóneo para *A. angustifolia*, determinó la formación, en esta latitud, de un núcleo ombrófilo o población fundadora. A causa de fenómenos geológicos ulteriores, este núcleo registró expansiones y contracciones a lo largo del tiempo, llegando, durante su fase de expansión máxima, al nororiente de Brasil (Veloso, Rangel Filho y Lima, 1991; Leite, 1994).

Araucaria angustifolia crece de forma natural en muchos tipos de suelos: desde los poco profundos hasta los profundos, y desde los húmedos hasta los adecuadamente drenados. La presencia de escarcha permite a la especie, en las elevadas altitudes donde prospera, manifestar un comportamiento que le confiere superioridad respecto a otros árboles con los que compete; es esta una de las principales características medioambientales que determinan su distribución y por ende su susceptibilidad al cambio climático.

La especie ha sido explotada abundan-

Marcos Silveira Wrege, Rosana Clara Victoria Higa, Marilice Cordeiro Garrastazu y Valderês Aparecida de Sousa trabajan en Embrapa Florestas, dependencia forestal de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), Colombo (Brasil). **Ricardo Miranda Britez** trabaja en la Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (Sociedad de Investigación en Vida Silvestre y Educación Ambiental, SPVS), Curitiba (Brasil).

Paulo Henrique Caramori trabaja en el Instituto Agrônomo do Paraná (Instituto Agronómico de Paraná, IAPAR), Londrina (Brasil).

Bernadete Radin trabaja en la Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fundación Estatal de Investigaciones Agropecuarias, FEPAGRO), Porto Alegre (Brasil).

Hugo José Braga trabaja en el Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (Centro de Informaciones sobre Recursos Ambientales e Hidrometeorología, EPAGRI/CIRAM), Florianópolis (Brasil).



Araucaria angustifolia domina el dosel del bosque en el valle de Itaimbezinho, estado de Rio Grande do Sul (Brasil)

temente por su madera, y la expansión agrícola ha reducido también la superficie ocupada por los bosques de araucaria. Pese a que hoy en día *A. angustifolia* es una especie protegida y la cosecha de su madera en Brasil está prohibida por la ley, las áreas de distribución natural que aún quedan están fragmentadas y son dispersas, y las grandes poblaciones remanentes son escasas. La situación de conservación de este tipo de bosque es considerada crítica. Además, la distribución etaria de las poblaciones remanentes está sesgada hacia las clases más viejas.

UNA HISTORIA QUE SE ENTRETEJE CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los estudios paleontológicos han intentado correlacionar, en la altiplanicie meridional de Brasil, el clima pasado con la vegetación actual, partiendo del supuesto de que la distribución y composición de la vegetación ha sido sufriendo la influencia de tres o cuatro períodos de fluctuaciones climáticas severas durante el cenozoico. Han tenido lugar dos períodos secos: un episodio de sequía drástica durante el pleistoceno, y uno más clemente durante el holoceno subsiguiente (que comenzó 10 000 años antes del presente) (Klein, 1984).

Durante el período seco y frío que precedió a la última glaciación máxima, hace 50 000 años, los pastos y arbustos dominaban la vegetación, mientras que los bosques se encontraban tan sólo en refugios formados por valles profundos (Ledru *et al.*, 1996). Entre 45 000 y 33 000 años antes del presente, la humedad aumentó, y existen indicios de la existencia de

A. angustifolia, *Drymis brasiliensis* y *Cyathea* sp. Los bosques ombrófilos no crecían en la altiplanicie, sino que solo había poblaciones pequeñas en áreas refugio más húmedas de pendientes costeras y valles de ríos (Ledru *et al.*, 1994). Es posible que, entre 17 000 y 8 500 años antes del presente, la región haya experimentado una serie de fluctuaciones climáticas dominadas por tiempo frío y húmedo, interrumpidas, entre 13 000 y 11 000 años antes del presente, por un período más húmedo. Alrededor de 8 500 años antes del presente, con unas temperaturas que seguían siendo bajas, pero gracias al retorno progresivo de la humedad, la presencia de *Araucaria*, asociada con especies de los géneros *Symplocos*, *Drimys*, *Lithraea*, *Podocarpus*, *Myrsine* y *Alchornea*, fue más abundante, (Ledru, 1993).

Las condiciones de humedad que se observan en la actualidad volvieron a manifestarse desde alrededor de 4 300 años antes del presente (Behling, 2005). A medida que el clima se volvía con regularidad más húmedo, el bosque de araucaria se expandió, llegando, tal como había sucedido en épocas anteriores, a los pastizales subtropicales de altitudes más elevadas. El bosque ombrófilo se ha expandido considerablemente durante los últimos 1 000 años en el estado de Pará, y durante los últimos 1 500 años en el de Santa Catarina.

CARTOGRAFÍA DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA

En el presente estudio se utilizaron dos modelos para predecir las diferentes hipótesis del impacto del cambio climático en la distribución de *A. angustifolia*.

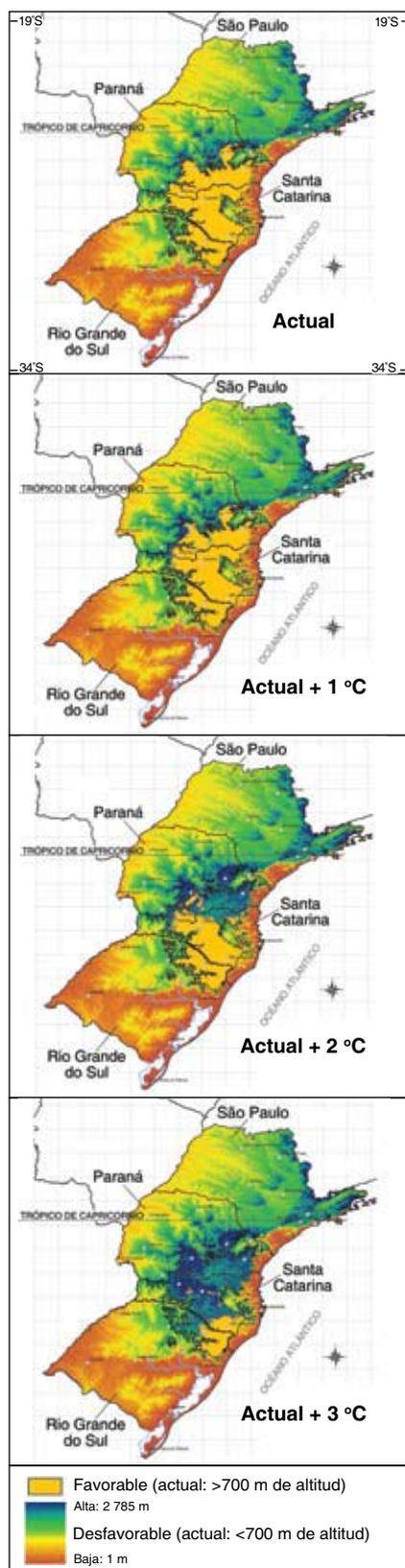
Primeramente, para determinar la gama de condiciones climáticas favorables para

el desarrollo de *A. angustifolia*, se utilizó un modelo de envoltura basado en una serie climática de 30 años de la región de Brasil meridional. La cartografía de vulnerabilidad climática permitió predecir el efecto de unos aumentos de temperatura de 1°, 2° y 3 °C en la distribución natural actual de *A. angustifolia*. Los mapas se basaron en una regresión lineal de latitud, longitud y altitud relativa a las zonas potencialmente idóneas para las especies, con arreglo a las hipótesis formuladas. Los mapas predicen una reducción significativa de la superficie idónea para la especie, lo que indica que, cuando la temperatura registra un aumento de 3 °C, solo una pequeña parte de la altiplanicie más alta de Brasil meridional sería favorable para el desarrollo de la especie (Figura 1).

En segundo lugar, se utilizó un modelo de circulación regional, diseñado por el Instituto Brasileño de Investigaciones Espaciales (INEP), para generar las hipótesis referidas a los años 2010, 2030 y 2050, que se basan en cambios de la circulación atmosférica según pronósticos del IPCC (2007). Para cartografiar las zonas idóneas para *A. angustifolia* se utilizaron datos de temperatura. Los mapas se diseñaron con arreglo al programa de geolaboración ArcGIS9. Como en el caso del primer modelo, la correlación entre temperatura y latitud, y entre longitud y altitud se realizó por regresión lineal. El pronóstico arrojado por esta segunda simulación indicó una reducción menor del área de distribución de la especie (Figura 2).

VARIACIÓN GENÉTICA Y CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Para el diseño de los programas de conservación, es importante comprender qué



factores pueden afectar a la distribución pasada y presente de una especie. Las respuestas de las especies arbóreas al cambio ambiental son complejas. Su supervivencia dependerá en último término de las pautas de diseminación y de su capacidad de

reproducción. La vulnerabilidad se suele manifestar a través de cambios en la floración y germinación de semillas, merma de la regeneración y tasas reducidas de crecimiento, y puede a menudo verse agravada por efectos perturbadores tales como el fuego y los insectos y la presencia de una vegetación competitiva o exótica (introducida). La interacción entre los diferentes factores de estrés no es fácil de predecir. En el caso de *A. angustifolia*, los factores estresantes principales son el déficit hídrico y las altas temperaturas.

La variabilidad genética de las características de adaptación es necesaria para que una especie o una población de árboles puedan soportar las condiciones ambientales adversas. El mantenimiento de la diversidad genética determina por tanto la capacidad de adaptación a un entorno nuevo. La genética molecular aplicada al estudio de la variabilidad de las poblaciones permite actualmente comprender mejor la situación de diversidad genética de las principales especies y poblaciones de árboles. En el caso de *A. angustifolia*, la variación genética existe tanto entre poblaciones (Kageyama y Jacob, 1980; Shimizu e Higa, 1980; de Sousa, 2000) como dentro de las distintas poblaciones (de Sousa, 2000; de Sousa *et al.*, 2005; Stefenon, Gailing y Finkeldey, 2008). La diseminación es limitada, pero la zona de dispersión del polen es amplia (Bittencourt y Sebbenn, 2007). Aunque se ha informado que, en la mayor parte de las zonas estudiadas, la regeneración natural de las especies de *Araucaria* ha sido escasa, se considera que los niveles de diversidad registrados en las áreas de regeneración son suficientes para asegurar la supervivencia futura de la especie (de Sousa *et al.*, 2005; Stefenon, Gailing y Finkeldey, 2008).

Dado que el ciclo vital de los árboles es comparativamente más largo, el proceso de adaptación a condiciones ambientales cambiantes será probablemente más lento que el ritmo pronosticado del cambio climático mundial (Hamrick, 2004). Se espera que la mayor parte de los efectos genéticos negativos causados por la decadencia y la fragmentación de las poblaciones recién se habrán manifestado al cabo de varias generaciones de árboles (de Sousa, 2000).

CONCLUSIONES

La variación genética es indispensable para la adaptación de las especies y poblaciones de árboles a los cambios ambientales, y es asimismo la condición previa de la conservación. Solo será posible implantar unas estrategias más eficientes de conservación, ya sean éstas *in situ* o *ex situ*, si éstas se fundan en el conocimiento de los requisitos ambientales y en las pautas de variabilidad de las especies y tipos de bosque objetivo, en combinación con las hipótesis de los cambios climáticos futuros.

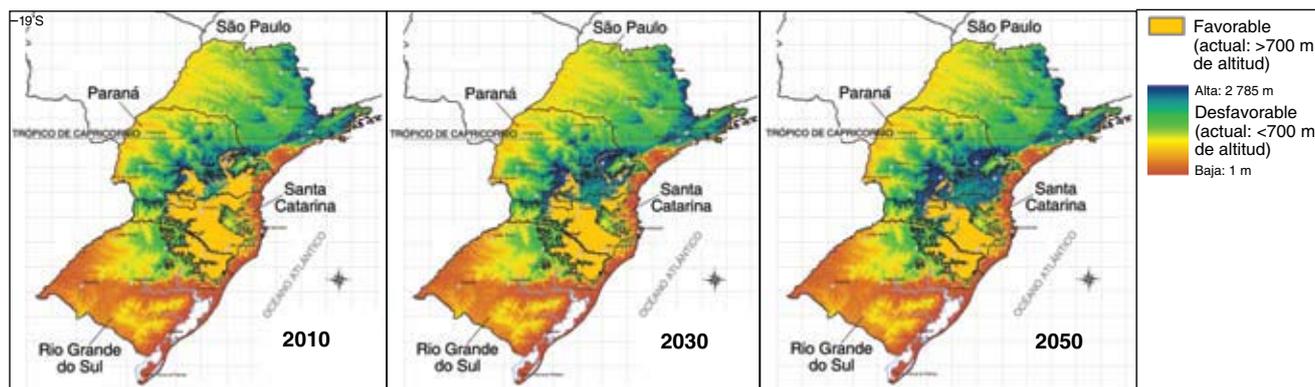
Gracias a la cartografía de la vulnerabilidad es posible predecir en qué zonas y en qué especies o poblaciones de árboles se harán sentir más drásticamente los efectos del cambio climático, y ello permitirá asignarles un lugar prioritario en las actividades de recolección de germoplasma y de conservación genética *ex situ*. Con el objeto de afinar el trazado de mapas futuros, conviene eso sí hacer uso de un número mayor de variables climáticas y de diferentes modelos climáticos.

Los programas de conservación de *Araucaria* podrían ser robustecidos si se coteja la información sobre variabilidad genética de especies y poblaciones de árboles con los mapas climáticos. Para predecir con mayor precisión la respuesta de las especies al cambio climático, se necesitará realizar programas de seguimiento específicos y llevar a cabo investigaciones más acuciosas de fisiología fundamental. ♦



Bibliografía

- Behling, H.** 2005. Late quaternary vegetation dynamics in southern and southeastern Brazil with a special focus on the *Araucaria* forests. En *Resumos do 56º Congresso Nacional de Botânica*. Curitiba, Brasil, Congresso Nacional de Botânica.
- Bittencourt, J.V.M. y Sebbenn, A.M.** 2007. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in southern Brazil. *Heredity*, 99: 580–591.
- de Sousa, V.A.** 2000. *Population genetic studies in Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.* Göttingen, Alemania, Cuvillier Verlag Göttingen.
- de Sousa, V.A., Sebbenn, A.M., Hartmer,**



2

Distribución geográfica de *Araucaria angustifolia* en Brasil meridional, con arreglo a diferentes hipótesis basadas en modelos climáticos mundiales

H.H. Y Zihe, M. 2005. Correlated mating in populations of a dioecious Brazilian conifer, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Forest Genetics*, 12(2): 107–119.

Girauo, A.R., Povedano, H., Belgrano, M.J., Krauczuk, E., Pardiñas, U., Miquelarena, A., Ligier, D., Baldo, D. y Castellino, M. 2003. Biodiversity status of the interior Atlantic forest of Argentina. En C. Galindo-Leal y I.G. Câmara, eds. *The Atlantic forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*, pp. 160–180. Washington, DC, EE.UU., Island Press.

Hamrick, J.L. 2004. Response of forest trees to global environmental changes. *Forest Ecology and Management*, 197: 323–335.

Hueck, K. 1953. Distribuição e habitat natural do Pinheiro-do-Paraná (*Araucaria angustifolia*). *Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo – Botânica*, 10: 1–24.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.

Kageyama, P.Y. y Jacob, W.S. 1980. Variação genética entre e dentro de progênies de uma população de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. En *Forestry problems of the genus Araucaria*, pp. 83–86. Proceedings of the IUFRO Meeting on Forestry Problems of the Genus *Araucaria*, Curitiba, Brasil, 21–28 de octubre de 1979. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF).

Klein, R.M. 1984. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. *Sellowia*, 36: 5–54.

Ledru, M.P. 1993. Late quaternary environmental

and climatic changes in central Brazil. *Quaternary Research*, 39: 90–98.

Ledru, M.P., Behling, H., Fournier, M., Martin, L. y Servant, M. 1994. Localisation de la forêt d'*Araucaria* du Brésil au cours de l'holocène – implications paléoclimatiques. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, Série III, Sciences de la vie*, 317: 517–521.

Ledru, M.P., Braga, P.I.S., Soubies, F., Fournier, M., Martin, L., Suguio, K. y Tuerc, Q. 1996. The last 50,000 years in the Neotropics (southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 123: 239–257.

Leite, P.F. 1994. *As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil – proposta de classificação*. Tesis de licenciatura, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil.

Leite, P.F., Klein, R.M. 1990. Vegetação. In *Geografia do Brasil*, Vol. 2, *Região Sul*, pp. 113–150. Rio de Janeiro, Brasil, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Reitz, R. y Klein, R.M. 1966. *Araucariáceas*. Itajaí, Brasil, Herbário Barbosa Rodrigues.

Shimizu, J.Y. y Higa, A.R. 1980. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. En *Forestry problems of the genus Araucaria*, pp. 78–82. Proceedings of the IUFRO Meeting on Forestry Problems of the Genus *Araucaria*, Curitiba, Brasil, 21–28 de octubre de 1979. Curitiba, FUPEF.

Stefenon, V.M., Gailing, O. y Finkeldey, R. 2008. Genetic structure of plantations and the conservation of genetic resources of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*). *Forest Ecology and Management*, 255: 2718–2725.

Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. y Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, Brasil, IBGE. ♦

Estrategias de adaptación del bosque: análisis de la sucesión post-incendio a largo plazo en Siberia meridional (Federación de Rusia)

D.I. Nazimova,
O.V. Drobushhevskaya,
G.B. Kofman y
M.E. Konovalova

El análisis de sucesión tras los episodios de disturbios naturales ayuda a predecir el efecto del cambio climático en la posible composición futura de los bosques boreales siberianos en la subtaiga de montañas bajas.

La composición de las especies forestales y sus modificaciones a través del tiempo permiten predecir las transformaciones potenciales del bosque en las condiciones climáticas actuales y futuras. En la subtaiga siberiana meridional, en la Federación de Rusia, el fuego es el principal factor que determina la biodiversidad, las pautas de regeneración y las especies arbóreas dominantes. Los autores realizaron un análisis de la sucesión post-incendio durante los últimos 350 años con el objeto de predecir los efectos del aumento de la frecuencia de los fuegos que, según se pronostica, estará asociado al cambio climático en esta región.

Una sucesión es el reemplazo gradual de una comunidad vegetal por otra de conformidad con los cambios ambientales (por ejemplo, en la intensidad de la sombra bajo un rodal) o tras un fenómeno de perturbación (por ejemplo, un incendio, temporal, inundación, infestación por plagas o enfermedades o la tala rasa). La mayoría de las sucesiones atraviesan etapas en las cuales diferentes colecciones de especies llegan a ocupar un lugar dominante. La etapa final, o clímax, se alcanza cuando la composición de las especies, en ausencia de perturbaciones de origen natural o antropógeno, ya no sufre modificaciones en el tiempo.

Características de la subtaiga

El bosque mixto de Siberia meridional es típico de los paisajes de montañas bajas de los climas continentales húmedos. Dicho bosque se compone de pino silvestre (*Pinus sylvestris*), alerce siberiano (*Larix sibirica*), abedul (*Betula pendula*), álamo (*Populus tremula*), pinabete (*Abies sibirica*) y picea de Siberia (*Picea obovata*, sin. *Picea abies* subsp. *obovata*) y comprende un estrato herbáceo

desarrollado. Este bosque, clasificado como subtaiga, comprende la zona que está entre la taiga «oscura» (ombrófila) de coníferas (con pinabete, picea y pino piñonero) y la estepa forestal «clara» de coníferas de luz (con pino silvestre y alerce). Las formaciones forestales son propensas a incendiarse periódicamente y presentan una vegetación natural que tras el fuego pasa por diferentes etapas de restauración.

La zona forestal de la subtaiga en Siberia meridional (300 a 500 m sobre el nivel del mar) difiere marcadamente de la taiga (450 a 650 m sobre el nivel del mar) en cuanto a biodiversidad, fenología y la composición florística del piso inferior. Aunque ambas zonas comprenden las mismas especies forestales, el pinabete y la picea no se dan casi en las cuencas hidrográficas, sino solo en las proximidades de ríos. Las hierbas y pastos abundan en el piso inferior de la subtaiga, pero, a diferencia del de la taiga, este piso carece de estrato muscínico.

Análisis de sucesión

Los autores reconstruyeron las trayectorias de sucesión de los últimos 350 años en los bosques de paisajes de montañas bajas de Siberia meridional (Federación de Rusia) mediante una combinación de secuencias cronológicas, una descripción detallada de 2 210 unidades de inventario forestal, datos procedentes de 120 parcelas de ensayo y la técnica SIG (sistema de información geográfica).

La reconstrucción de la historia de las masas mixtas irregulares de estructura vertical compleja, compuestas por especies de edades diferentes en cada uno de los estratos del dosel, no es realizable utilizando el método directo. Se construyeron trayectorias cuasidinámicas de conjuntos de rodales de edades diferentes

Subtaiga con pino y alerce y una mezcla estable de abedul y álamo y una capa vigorosamente desarrollada de hierbas y pastos

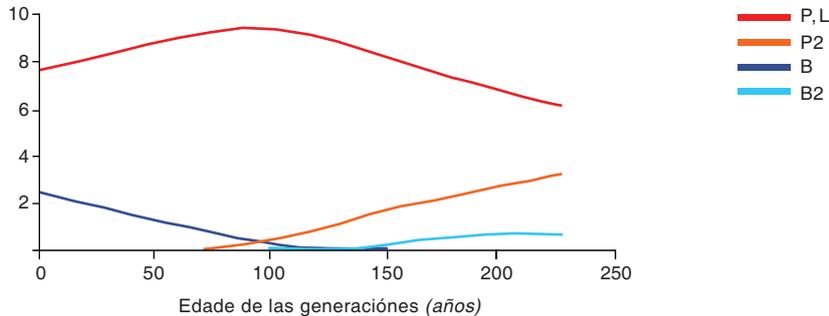


O.V. DROBUSHEVSKAYA

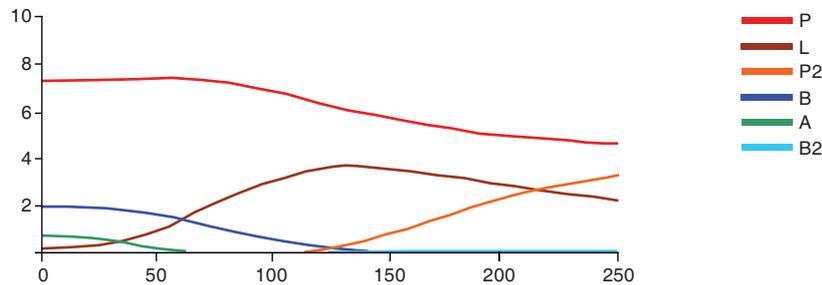
Dina Nazimova, O.V. Drobushhevskaya, G.B. Kofman y M.E. Konovalova trabajan en el Instituto Forestal V.N. Sukachev, Rama Siberiana de la Academia Rusa de las Ciencias, Krasnoyarsk (Federación de Rusia).

a) Rodales de *Pinus sylvestris*-*Caragana arborescens* en pendientes abruptas pedregosas expuestas al sol con suelos periódicamente secos

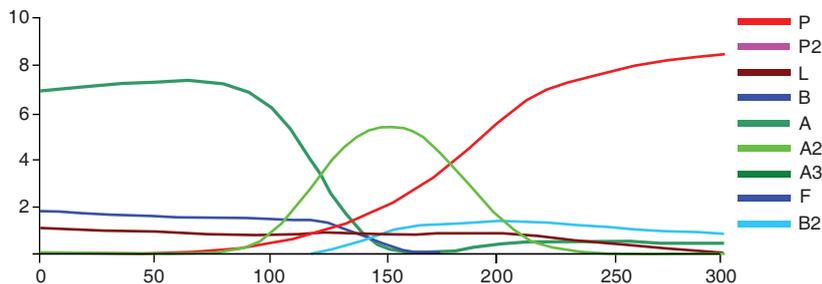
Contribución de las especies



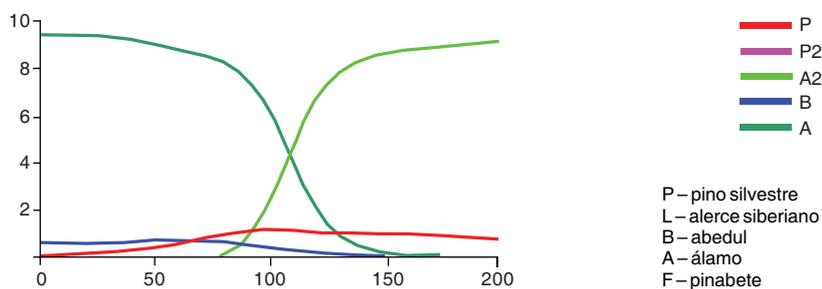
b) Rodales de *Pinus sylvestris*-*Spirea media*-*Carex macroura* en suelos húmedos



c) *Pinus sylvestris*-*Pteridium aquilinum* y *Crepis sibirica*-*Carex macroura* en suelos húmedos de pendientes expuestas al sol



d) Rodales forestales mixtos dominados por álamo con una capa vegetal vigorosamente desarrollada compuesta por hierbas altas y pastos (*Pteridium aquilinum*, *Calamagrostis arundinacea*, *Brachypodium pinnatum*, *Lilium martagon* y *Lathyrus gmelinii*) en pendientes cóncavas



Los números indican la segunda y tercera generaciones de árboles. La proporción de cada generación (según datos detallados provenientes del inventario forestal) se ha estimado en unidades relativas como parte del volumen total.

que han crecido en un mismo ambiente, en condiciones iniciales similares y que han tenido un historial de desarrollo análogo.

En el cinturón de la subtaiga de clima continental húmedo se determinaron 12 pistas o líneas de sucesión, cada una de las cuales

comprende diversas etapas de sucesión. Seis pistas de sucesión se encontraron en el cinturón de la taiga superior que alberga el pinabete y donde el clima es más húmedo y menos continental.

La figura ilustra, mediante una recons-

Dinámica a largo plazo de las especies de árboles presentes en diferentes tipos de bosque de la subtaiga de montañas bajas (200 a 450 m sobre el nivel del mar)

trucción basada en datos procedentes de inventarios forestales, la composición de las comunidades y los cambios que han tenido lugar hasta la etapa de clímax (200 a 350 años) en diferentes tipos de bosque con suelos de humedad y riqueza variables. Debido a los frecuentes incendios rasantes, los rodales aún no han alcanzado la etapa de clímax, pero sus últimas etapas de desarrollo pueden sí considerarse cuasiclimáticas o en cuasiequilibrio.

El abedul solo abunda en las primeras siete a doce décadas (Figura, a-c). Tras la decadencia del abedul, el pino silvestre y el alerce se convierten en las especies principales. En la mayor parte de la subtaiga, el pinabete y la picea son especies de presencia escasa.

El reemplazo del alerce siberiano y el pino silvestre con el pinabete se observa solo en la frontera de la subtaiga y la taiga de pinabete. Sin embargo, debido a los frecuentes incendios, este proceso no ha llegado a la etapa de clímax en las zonas objeto del estudio; en esta variante húmeda de la subtaiga de montañas bajas, los rodales maduros de pino silvestre han formado un subclímax.

En lo que respecta a los rodales de caducifolias, las condiciones ambientales son propicias para el crecimiento del álamo en los suelos fértiles y húmedos. La gran diversidad de hierbas que puebla el piso inferior (por ejemplo, *Carex macroura*, *Calamagrostis arundinacea* y *Vicia unijuga*) indica que este sistema está bien adaptado al fuego. Los rodales de álamo ocupan un nicho que conviene a muchas especies. El estrato de hierbas y pasto vigorosamente desarrollado impide la regeneración de especies de coníferas de luz tales como el pino silvestre y el alerce siberiano. Suele aparecer bajo el dosel de álamos un sotobosque de coníferas de sombra (pinabete, picea y pino piñonero) que no consiguen dominar debido a la falta de humedad atmosférica y a los incendios rasantes periódicos que estallan especialmente en primavera.

Las tendencias de sucesión muestran que solo las especies más tolerantes al fuego, tales como el pino silvestre y el alerce siberiano, consiguen predominar de modo característico durante 250 a 350 años en las condiciones climáticas imperantes en la subtaiga. El alerce siberiano es una especie tolerante al fuego muy conocida, pero en la subtaiga húmeda



Bibliografía

cede el paso al pino silvestre y al abedul, que producen más semilla y por lo tanto se establecen más rápidamente que el alerce (o se establecen más rápidamente que si estuviesen bajo el alerce). Los rodales de pino silvestre, ya sean de primera o de segunda generación, son los que prevalecen en las etapas de sucesión finales.

Conclusiones

El presente análisis indica que el aumento pronosticado en la frecuencia de los incendios en Siberia meridional, resultante del cambio climático, se traducirá probablemente en una reducción del número de alerces y coníferas ombrófilas a favor del pino silvestre, el abedul y el álamo, junto a comunidades vegetales no forestales de matorral, pastos y hierbas. Las comunidades vegetales de esos bosques asemejarán en cuanto a diversidad de especies a muchas comunidades que hoy pueblan la estepa forestal y las zonas de estepa.

Se espera que el recalentamiento y un clima cada vez más húmedo causen alteraciones en la composición de los ecosistemas forestales que serán perjudiciales desde el punto de vista económico; pero las funciones ecológicas de los ecosistemas forestales no sufrirán merma. Además, el álamo y el abedul son especies forestales dotadas de una excelente capacidad de crear sumideros de carbono debido a su rápido crecimiento. Sin embargo, en la subtaiga los fuegos de primavera y otoño seguirán siendo el factor más crítico para la supervivencia de las generaciones de especies arbóreas.

El propósito de la ordenación forestal sostenible es ayudar la regeneración natural, cualquiera sea su tipo. En algunos lugares, las quemadas controladas pueden ser recomendables para evitar incendios de grandes proporciones y estimular la regeneración del pino silvestre y el alerce.

Por último, en los planes de ordenación destinados a las plantaciones de pino piñonero, hoy la especie forestal económicamente más valiosa de la subtaiga, es necesario tomar en cuenta el riesgo, siempre mayor, de los devastadores incendios rasantes y hacer hincapié en la protección contra incendios. ♦

Polikarpov, N.P., Tchebakova, N.M. y Nazimova, D.I. 1986. *Climate and mountain forests of southern Siberia*. Novosibirsk, Federación de Rusia, Nauka (en ruso). ♦

- Caspersen, J.P. y Pacala, S.W.** 2001. Successional diversity and forest ecosystem function. *Ecological Research*, 16: 895–903.
- Foster, D. y Tilman, B.L.** 2000. Dynamic and static views of succession: testing the descriptive power of the chronosequence approach. *Plant Ecology*, 146(1): 1–10.
- Goldammer, J.G. y Furyaev, V.V., eds.** 1996. *Fire in ecosystems of boreal Eurasia*. Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Academic Publishers.
- Hytteborn, H.H., Rysin, L.P., Nazimova, D.I. y Maslov, A.A.** 2005. Boreal forest of Eurasia. En F. Anderssen, ed. *Ecosystems of the world – coniferous forests*, pp. 23–99. Amsterdam, Países Bajos, Elsevier.
- Khanina, L.G., Bobrovsky, M.V., Karjalainen, T. y Komarov, A.S.** 2001. *A review of recent projects on forest biodiversity investigations in Europe including Russia*. Internal Report No. 3. Joensuu, Finlandia, Instituto Forestal Europeo.
- Mitchell, F.J.G. y Cole, E.** 1988. Reconstruction of long-term successional dynamics of temperate woodland in Bialowieza Forest, Poland. *Journal of Ecology*, 86: 1042–1049.
- Nazimova, D.I., Andreeva, N.M., Kofman, G.B., Nozhenkova, L.F., Polikarpov, N.P. y Stepanov, N.V.** 2006. Portrait models of forest cover structural biodiversity. En V.K. Shummy, Yu.I. Shokin, N.A. Kolchanov y A.M. Fedotov, eds. *Biodiversity and dynamics of ecosystems: information technologies and modeling*, pp. 481–547. Novosibirsk, Federación de Rusia, Rama Siberiana de la Academia Rusa de las Ciencias (en ruso).
- Nazimova, D.I. y Polikarpov, N.P.** 1996. Forest zones of Siberia as determined by climatic zones and their possible transformations under global change. *Sylva Fennica*, 30(2–3): 201–208.
- Nazimova, D.I., Polikarpov, N.P., Andreeva, N.M. y Sophronov, M.A.** 1997. Forest zones of Siberia and post-fire demutations in current climate. En *Proceedings of the International Boreal Forest Research Association 1997 Conference*, Duluth, Minnesota, EE.UU., 4-7 de agosto de 1997. General Technical Report NC-209. St Paul, Minnesota, EE.UU., Estación Norte-Central del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Predicción de la distribución continental de insectos a partir de la fisiología de las especies

J. Régnière

Para predecir la amplitud potencial de las zonas de distribución geográfica de las especies de insectos y su comportamiento en condiciones climáticas cambiantes, es fundamental conocer las respuestas del desarrollo de la especie a los factores climáticos clave, y en especial a la temperatura.

Existen cada vez mayores indicios de que la distribución de los insectos está cambiando según pautas sin precedentes. Las alteraciones climáticas terrestres están proporcionando a las especies de insectos móviles un siempre mayor número de hábitats hospitalarios, y la intensificación de los intercambios comerciales mundiales ha aumentado las oportunidades de las especies móviles de colonizar nuevos hábitats.

Este artículo describe las repercusiones potenciales del cambio climático en las especies de insectos de bosque y presenta un enfoque para predecir la distribución de dichas especies basado en respuestas fisiológicas conocidas a algunos factores climáticos específicos. La modelación se cimienta principalmente en las respuestas de desarrollo, ya que éstas permiten determinar en qué climas el insecto consigue adoptar características estacionales estables y adaptativas. En los modelos también se pueden tomar en consideración otras influencias climáticas tales como la criotolerancia. Se ofrecen tres ejemplos sacados de América del Norte: el tórtrix de las yemas de la picea nativa (*Choristoneura fumiferana*); la lagarta peluda de los encinares (*Lymantria dispar*), una especie introducida invasiva; y el escarabajo del pino de montaña nativo (*Dendroctonus ponderosae*).

Con arreglo a estos estudios se predice que las zonas de distribución de la mayor parte de las especies de insectos tenderán a desplazarse hacia los polos y hacia lugares de elevación más alta en conformidad con los cambios climáticos pronosticados, y que serán las regiones templadas las que sufrirán el grueso de las consecuencias de estas alteraciones. Según las especies o el punto de vista adoptado, los cambios en la distribución pueden tener repercusiones positivas o negativas; sin embargo,

los modelos indican que un mundo más cálido no necesariamente será un mundo con plagas más abundantes.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS INSECTOS DE BOSQUE

Los insectos constituyen las formas de vida animal más diversificadas de los ecosistemas terrestres. La mayor parte de las especies son inocuas y representan un componente esencial de los ecosistemas naturales. Como los insectos son individuos de sangre fría, el ritmo de los procesos fisiológicos principales de su ciclo biológico está determinado por las condiciones del medio ambiente, y en especial modo por la temperatura y las precipitaciones. Los insectos tienen por lo general períodos de generación breves, elevada fecundidad y elevada motilidad (ya sea autónoma o secundada por el viento, los animales o el ser humano). Es necesario examinar los

Lagarta peluda de los encinares (*Lymantria dispar*): los modelos de estacionalidad predicen que esta plaga introducida en América del Norte se expandirá en el futuro hacia el norte y el oeste y que llegará a Canadá, donde podría representar una amenaza para importantes recursos forestales de frondosas



J.H. GHEINTJUS FOREST SERVICE/BLOOMWOOD.ORG

Jacques Régnière trabaja en Recursos Naturales Canadá, Servicio Forestal Canadiense, Estación de Sainte-Foy, Quebec (Canadá).

efectos (reseñados por Moore y Allard, 2008) del cambio climático en los insectos de bosque en el contexto de la intensificación de los intercambios comerciales internacionales y los patrones cambiantes del uso de la tierra.

Los registros fósiles parecieran indicar que los episodios anteriores de calentamiento mundial rápido condujeron a los insectos a adoptar una alimentación más marcadamente herbívora (Currano *et al.*, 2008). Análogamente, en la actualidad, por ejemplo en los bosques de abedules de Europa septentrional (Wolf, Kozlov y Callaghan, 2008), los índices de alimentación herbívora en insectos han ido en aumento (DeLucia *et al.*, 2008). Entre las razones que explican este fenómeno está la debilitación de los mecanismos de defensa de las plantas y unos valores más elevados de fitonutrientes en presencia de mayores cantidades de CO₂ y O₃ (Kopper y Lindroth, 2003), y la alteración del sincronismo estacional entre plantas, insectos herbívoros y sus enemigos naturales (van Asch y Visser, 2007; Stireman *et al.*, 2005).

Muchos insectos demuestran sensibilidad a los fenómenos climáticos extremos (sequías, olas de calor, períodos de mucho frío). Los ambientes tropicales que hoy albergan a la mayor parte de la biodiversidad de la Tierra podrían muy bien terminar calentándose, secándose o fragmentándose demasiado a consecuencia del cambio climático y la deforestación y no permitir ya la existencia de muchas especies de insectos (Williams, Bolitho y Fox, 2003). Especialmente en zonas tropicales, corren un gran riesgo de extinción las especies que ostentan una interacción huésped-planta muy evolucionada o que viven en microhábitats (Lewis, 2006).

Formas cambiantes de distribución

Como las regiones templadas y subárticas se están convirtiendo en lugares de clima cada vez más hospitalario para las especies vegetales y de insectos, el comportamiento de las especies indígenas y el riesgo de invasión por especies exógenas –factores éstos que podrían desarticular las funciones normales del ecosistema– se han convertido en motivo de preocupación. En respuesta a los recientes cambios climáticos, muchas especies de insectos de zonas templadas han modificado sus zonas de distribución; por ejemplo, la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) en Europa (Battisti *et al.*, 2006), la falena invernal (*Operophtera brumata*) y la falena otoñal (*Epirrita autumnata*) en Escandinavia (Jepsen *et al.*, 2008) y el gorgojo de los pinos del Sur (*Dendroctonus frontalis*) en América del Norte (Tran *et al.*, 2007). Algunas especies cuya distribución tradicional se encontraba contenida por accidentes geográficos, como cadenas de montañas o grandes cuerpos de agua, han podido ahora superar dichas barreras y ampliar repentinamente su ámbito de presencia. Por ejemplo, el aumento de los movimientos de las masas de aire cálido hacia latitudes elevadas ha sido la causa de que últimamente a las islas noruegas de Svalbard en el océano Ártico llegase la polilla de la col (*Plutella xylostella*), superando en 800 km el límite septentrional de su zona normal de distribución en el oeste de la Federación de Rusia (Coulson *et al.*, 2002).

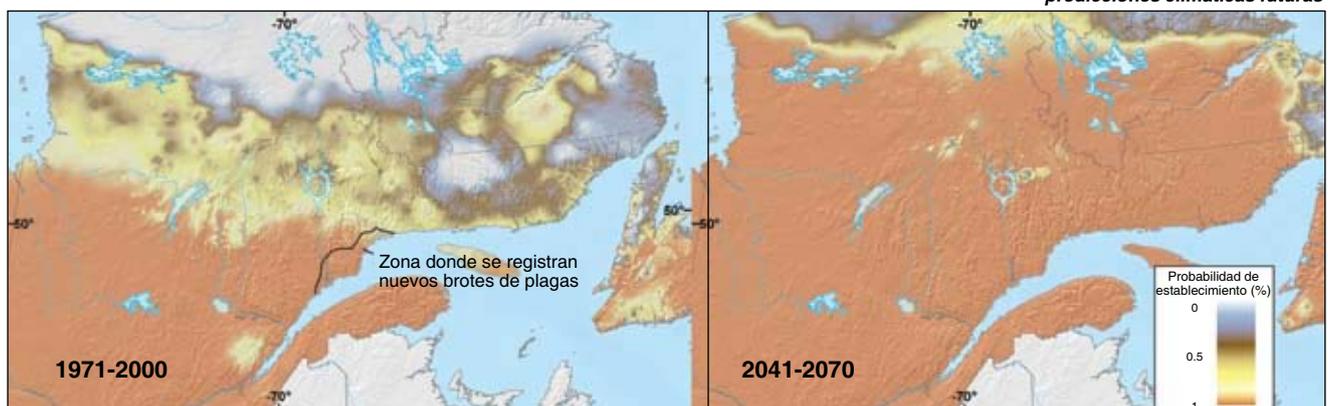
El destino de las especies específicas de insectos depende de su grado de especialización (rango de hospedantes y de hábitat), de su motilidad y de factores que condicionan su distribución. La abundancia de las especies específicas de mariposas está disminuyendo en el Reino

Unido, mientras que las especies genéricas están aumentando (Thomas, 2005; Franco *et al.*, 2006). La riqueza de especies de insectos está en aumento en las zonas frías del globo (Andrew y Hughes, 2005). Las especies de mariposas existentes en todo el Reino Unido están disminuyendo más rápidamente en el sur de ese país, mientras que las especies distribuidas en el sur se están expandiendo hacia el norte (Conrad *et al.*, 2004). En consecuencia, la amplitud de la distribución geográfica de las especies de insectos pareciera estar sufriendo modificaciones simultáneas: de expansión en el extremo superior y de contracción en el extremo inferior de sus respectivos límites de latitud y altitud (Parmesan *et al.*, 1999).

En respuesta a los cambios climáticos, la estructura genética de las especies de insectos también está cambiando. Si bien las variaciones genéticas son un proceso natural normal, en las especies cuyo ámbito se está modificando se han observado alteraciones morfológicas excepcionalmente rápidas concentradas en períodos cortos (del orden de una década) en relación con la capacidad de vuelo (Hill, Thomas y Blakeley, 1999; Thomas *et al.*, 2001), las estrategias del ciclo biológico, la inducción de la diapausa (latencia) (Burke *et al.*, 2005), la fisiología del desarrollo (Rank y Dahlhoff, 2002) y la criotolerancia (Calosi *et al.*, 2008).

Frecuencia de brotes

Las pruebas incontrovertibles respecto de las variaciones en la frecuencia de plagas de



insectos de bosque en respuesta al cambio climático son raras, ya que se deben fundar en registros históricos prolongados y un conocimiento adecuado de la dinámica de la población de cada insecto. Un gran número de informaciones ha permitido asociar el estrés ocasionado por la sequía, producto del cambio climático y los fuertes daños causados por los insectos, con el pino piñón (*Pinus* spp.) en el sudoeste de los Estados Unidos de América (Trotter, Cobb y Whitham, 2008). Existen datos que evidencian que los ciclos regulares (8 a 13 años) de brotes de plagas de la mosca de las yemas del alerce (*Zeiraphera diniana*) en Suiza se han detenido desde los primeros años 70 del siglo pasado (Esper *et al.*, 2007). Los brotes de tórtix de las yemas de la picea (*Choristoneura* spp.) en Canadá oriental, parecen haber registrado una frecuencia y gravedad mayores en los últimos 200 años (Simard, Morin y Lavoie, 2006). Los cambios climáticos pueden afectar al comportamiento de las poblaciones de insectos en su ámbito de distribución actual cuando las interacciones ecológicas que las regulan sufren alteraciones. La dificultad de predecir estos efectos radica principalmente en que se

conoce cabalmente tan sólo la dinámica de unas pocas poblaciones (Harrington, Fleming y Woitwod, 2001). Incluso en el caso de las especies mejor estudiadas como el tórtix norteamericano, la complejidad de las interacciones ecológicas es enorme (Eveleigh *et al.*, 2007).

PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Una de las posibles secuelas del cambio climático es la diseminación mundial de las especies de plagas dañinas. Como las respuestas de los insectos a los factores del clima son variadas y complejas, no resulta sencillo realizar predicciones generales. Los modelos genéricos, como el BioSIM (Régnière y St-Amant, 2008), se valen de los conocimientos disponibles acerca de respuestas de determinadas especies (especies de plagas, por lo general) a factores climáticos esenciales para predecir su ámbito geográfico potencial de difusión y comportamiento. Tales modelos inciden principalmente en factores que determinan la estacionalidad de los individuos y factores que afectan a su capacidad de supervivencia durante la estación más severa (normalmente, el invierno). Los modelos se basan en el concepto de que el requisito fundamental del insecto es completar su ciclo biológico dentro de un modelo de adaptación estacional adecuado, en el que existe una sincronía apropiada entre los recursos indispensables, tales como plantas hospederas que proporcionan ali-

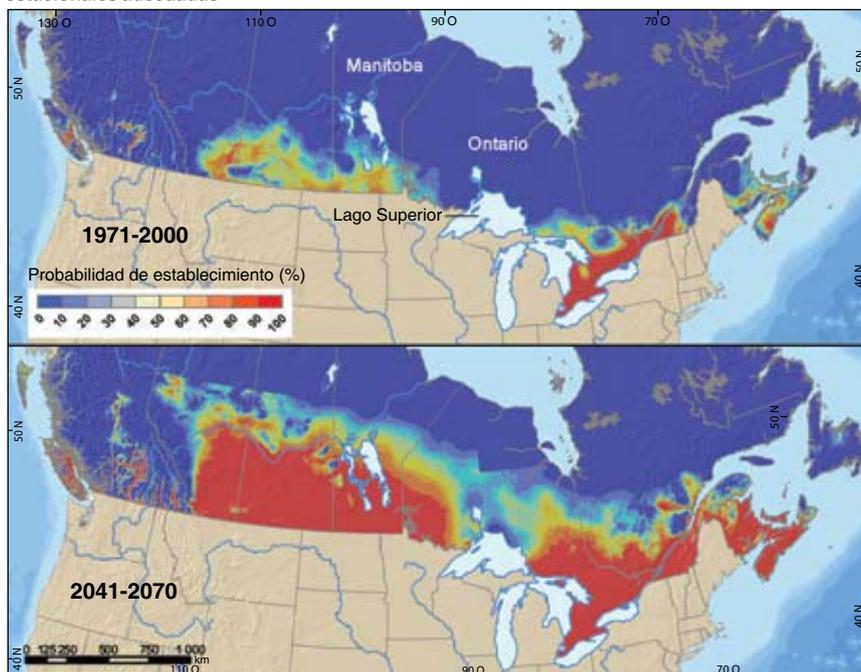
mento y resguardo, y las correspondientes etapas de desarrollo. Una especie incapaz de satisfacer generación tras generación este requisito de viabilidad básica bajo condiciones climáticas específicas no podrá perdurar en tal entorno.

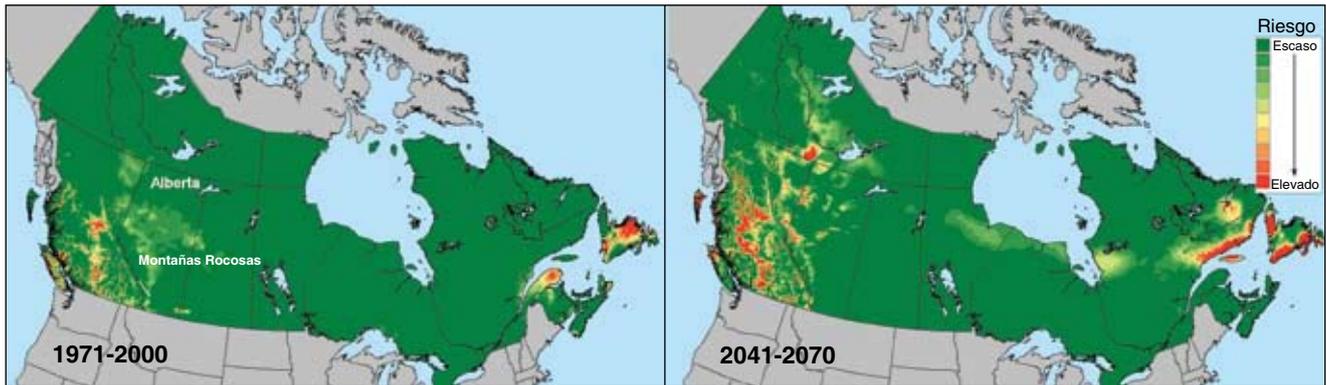
Una vez que se dispone de un modelo de variación estacional para una determinada especie de insectos, es posible predecir su distribución mediante una cartografía de climas que producen variaciones estacionales viables con mayor o menor seguridad, y la superposición de los recursos vitales para la especie en cuestión (o los recursos para los cuales dicha especie representa el mayor factor de riesgo). Las predicciones pueden afinarse aún más al tomar en consideración las probabilidades de supervivencia en condiciones climáticas extremas (basándolas por ejemplo en la tolerancia al frío o al calor). Este es el enfoque que se ha aplicado a tres especies importantes de los bosques de América del Norte. Se han utilizado medias climáticas (promedios y variaciones medidos a intervalos estándar de 30 años) para los períodos 1971-2000 y 2041-2070 conforme a una hipótesis del cambio climático conservadora que contempla un aumento anual de CO₂ atmosférico del 1 por ciento (Logan, Régnière y Powell, 2003).

Tres ejemplos sacados de América del Norte

El tórtix de las yemas de la picea (*Choristoneura fumiferana*) es un defoliador nativo de las coníferas que se encuentra desde las costas oeste a las este del Canadá y en el norte de los Estados Unidos de América desde Minnesota en el mediooeste hasta Maine en la costa este. La parte norte de su zona de distribución actual está limitada por lo general por el ámbito de sus plantas hospederas. Hay sin embargo zonas del Canadá oriental donde el clima adverso limita la presencia del insecto y donde el cambio climático favorece su desarrollo. Para el análisis se utilizó un modelo de procesos detallado de la respuesta del desarrollo del insecto a las variaciones de temperatura. El frío invernal no es una causa particularmente importante que determine la muerte del tórtix; la especie, estrictamente univoltina (tiene una cría por año), transcurre el invierno en diapausa profunda durante el desarrollo larval temprano. En los lugares donde encuentra plantas hospederas

2
Probabilidad de establecimiento de la lagarta peluda de los encinares en el Canadá en las condiciones climáticas actuales y según predicciones climáticas futuras, en base a variaciones estacionales adecuadas





3

Riesgo de que el escarabajo del pino de montaña presente un ciclo biológico univoltino (de una generación) y un alto índice de supervivencia invernal en el Canadá en las condiciones climáticas recientes y según predicciones climáticas futuras

disponibles, su límite de distribución septentrional y de alta altitud está fijado por veranos que son demasiado fríos para permitir la eclosión de los huevos antes del invierno, a tiempo para que las larvas puedan encontrar un refugio invernal adecuado. En consecuencia, la probabilidad de que los huevos eclosionen antes del comienzo del invierno es un buen indicador de la persistencia posible del insecto en un lugar determinado. Los modelos reflejan claramente la distribución actual del insecto en el Canadá oriental. En condiciones climáticas cambiantes, se espera que la zona de distribución se desplace hacia latitudes más norteñas y altitudes más elevadas, y que solo quede limitada por la disponibilidad de árboles hospederos adecuados (Figura 1). Hay pruebas de que esto ya está ocurriendo, puesto que se ha registrado un nuevo brote localizado en latitudes extraordinariamente altas en la ribera septentrional del río San Lorenzo en Quebec. Es por lo tanto posible esperar que se produzcan brotes más graves y prolongados en zonas que, a causa de su clima inclemente, normalmente no habían sufrido daños en el pasado.

La lagarta peluda de los encinares (*Lymantria dispar*) fue introducida desde Europa en la parte nororiental de los Estados Unidos de América en 1869; el insecto se ha extendido hacia el oeste y el sur en los Estados Unidos de América y hacia el norte en el Canadá, donde ahora su límite de expansión septentrional ha sido fijado por las condiciones climáticas adversas. En la actualidad, la lagarta está confi-

nada a la zona oriental del Lago Superior (Figura 2). Para predecir la probabilidad de que el insecto se establezca en el Canadá se utilizó un modelo de variabilidad estacional (Régnière, Nealis y Porter, 2009) gracias al que se ha podido pronosticar que esta especie, altamente polífaga (dispone de muchas plantas hospederas), amenazará una gran cantidad de recursos de bosques de frondosas porque el cambio climático permite su proliferación en el Canadá hacia lugares más distantes en dirección norte y oeste. Se estima que la proporción de bosques canadienses caducifolios que corren riesgo de ser dañados por la lagarta peluda de los encinares pasará del actual 15 por ciento a más del 75 por ciento para 2050. La estrategia de manejo para reducir este riesgo consistirá principalmente en la vigilancia y control de la zona occidental del Lago Superior, que ha representado una barrera geográfica de contención de la senda de propagación del insecto hacia el norte entre Ontario y Manitoba, en combinación con el Programa de propagación lenta puesto en práctica en el centrooeste de los Estados Unidos de América para impedir la diseminación desde el sur.

El escarabajo del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*) es un escarabajo de la corteza norteamericano indígena que ha estado confinado al oeste del continente por la presencia de barreras geográficas representadas por las Montañas Rocosas y los Grandes Llanos. Se dispone de una abundante información acerca de la respuesta fisiológica del insecto a las variaciones de temperatura, tanto en términos de desarrollo (Bentz, Logan y Amman, 1991) como de criotolerancia (Régnière y Bentz, 2007). Las zonas climáticas más propicias para el insecto en el Canadá fueron determinadas mediante modelos. Lo ideal para esta especie libre de diapausa es una única

generación exactamente por año. Los mapas de riesgo por superposición de factores levantados para el país resaltan las probabilidades de que el insecto consiga adaptarse a las variaciones estacionales y poder sobrevivir a los inviernos extremadamente fríos del Canadá, tanto en las condiciones climáticas actuales como en las futuras (Figura 3). De los mapas se desprende que, a excepción de algunas partes de Alberta noroccidental y el litoral atlántico, el territorio canadiense al este de las Rocosas seguirá siendo una zona inhóspita para el insecto por largo tiempo en el futuro. Sin embargo, es probable que el riesgo de brotes de plagas de escarabajo del pino de montaña en la parte occidental del país aumente considerablemente hacia latitudes y altitudes mayores, mientras que pueda disminuir hacia latitudes y altitudes menores. Esta información, combinada con el conocimiento de la susceptibilidad de diferentes especies de pino (*Pinus*) de los bosques boreales del Canadá permitió que en el país se diseñara una estrategia basada en el riesgo para manejar un brote de escarabajo del pino de montaña sin precedentes que asoló Columbia Británica y Alberta (Nealis y Peter, 2008) [Nota de la redacción: véase el artículo de Konkin y Hopkins en este número].

CONCLUSIONES

La literatura pone de manifiesto que la biodiversidad entomológica se está perdiendo en las zonas tropicales de la Tierra, ya que las especies altamente específicas deben hacer frente a la desaparición de climas y hospederos apropiados. En las latitudes medianas, pareciera preponderar, en especial para las especies altamente móviles y polífagas, un desplazamiento de las zonas de distribución hacia latitudes y altitudes más elevadas.

Para predecir con precisión los cambios en la distribución se precisa disponer de modelos detallados de respuestas a las variaciones climáticas para cada una de las especies de insectos. No obstante, resulta difícil verificar, desde el punto de vista de la gravedad y frecuencia de los brotes en las zonas de distribución actuales, las predicciones generales respecto de las respuestas de las principales especies de plagas de insectos de bosque. Existe un riesgo cada vez mayor de que las especies más móviles «invadan» los ecosistemas templados, que se han vuelto siempre más hospitalarios. Sin embargo, los modelos indican que no cabe esperar que las zonas de distribución se expandan, sino que más bien se desplacen hacia latitudes y altitudes más elevadas. Por consiguiente, un mundo más cálido no será necesariamente índice de un mundo con mayor abundancia de plagas. ♦



Bibliografía

- Andrew, N.R. y Hughes, L. 2005. Diversity and assemblage structure of phytophagous Hemiptera along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 249–262.
- Battisti, A., Stastny, M., Buffo, E. y Larsson, S. 2006. A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly. *Global Change Biology*, 12: 662–671.
- Bentz, B.J., Logan, J.A. y Amman, G.D. 1991. Temperature-dependent development of the mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) and simulation of its phenology. *The Canadian Entomologist*, 123: 1083–1094.
- Burke, S., Pulin, A.S., Wilson, R.J. y Thomas, C.D. 2005. Selection of discontinuous life-history traits along a continuous thermal gradient in the butterfly *Aricia agestis*. *Ecological Entomology*, 30: 613–619.
- Calosi, P., Bilton, D.T., Spicer, J.I. y Atfield, A. 2008. Thermal tolerance and geographical range size in the *Agabus brunneus* group of European diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae). *Journal of Biogeography*, 35: 295–305.
- Conrad, K.F., Woivod, I.P., Parsons, M., Fox, R. y Warren, M.S. 2004. Long-term population trends in widespread British moths. *Journal of Insect Conservation*, 8: 119–136.
- Coulson, S.J., Hodkinson, I.D., Webb, N.R., Mikkola, K., Harrison, J.A. y Pedgley, D.E. 2002. Aerial colonization of high Arctic islands by invertebrates: the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) as a potential indicator species. *Diversity and Distributions*, 8: 327–334.
- Currano, E.D., Wilf, P., Wing, S.L., Labandeira, C.C., Lovelock, E.C. y Royer, D.L. 2008. Sharply increased insect herbivory during the paleocene-eocene thermal maximum. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 1960–1964.
- DeLucia, E.H., Casteel, C.L., Nability, P.D. y O'Neill, B.F. 2008. Insects take a bigger bite out of plants in a warmer, higher carbon dioxide world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 1781–1782.
- Esper, J., Büntgen, U., Frank, D.C., Nievergelt, D. y Liebhold, A. 2007. 1200 years of regular outbreaks in alpine insects. *Proceedings of the Royal Society Series B*, 274: 671–679.
- Eveleigh, E.S., McCann, K.S., McCarthy, P.C., Pollock, S.J., Lucarotti, C.J., Morin, B., McDougall, G.A., Strongman, D.B., Huber, J.T., Umbanhowar, J. y Faria, L.B.D. 2007. Fluctuations in density of an outbreak species drive diversity cascades in food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104: 16976–16981.
- Franco, A.M.A., Hill, J.K., Kitschke, C., Collingham, Y.C., Roy, D.B., Fox, R., Huntley, B. y Thomas, C.D. 2006. Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology*, 12(8): 1545–1553.
- Harrington, R., Fleming, R.A. y Woivod, I.P. 2001. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *Agricultural and Forest Entomology*, 3: 233–240.
- Hill, J.K., Thomas, C.D. y Blakeley, D.S. 1999. Evolution of flight morphology in a butterfly that has recently expanded its geographic range. *Oecologia*, 121: 165–170.
- Jepsen, J.U., Hagen, S.B., Ims, R.A. y Yoccoz, N.G. 2008. Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in subarctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion. *Journal of Animal Ecology*, 77: 257–264.
- Kopper, B.J. y Lindroth, R.L. 2003. Effects of elevated carbon dioxide and ozone on the phytochemistry of aspen and performance of an herbivore. *Oecologia*, 134: 95–103.
- Lewis, S.L. 2006. Tropical forests and the changing earth system. *Philosophical transactions of the Royal Society B*, 361: 195–210.
- Logan, J.A., Régnière, J. y Powell, J.A. 2003. Assessing the impact of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers of Ecology and the Environment*, 1(3): 130–137.
- Moore, B. y Allard, G. 2008. Climate change impacts on forest health. Forest Health and Biosecurity, Working Paper FBS/34E. Roma, FAO.
- Nealis, V. y Peter, B. 2008. Risk assessment of the threat of mountain pine beetle to Canada's boreal and eastern pine forests. Information Report BC-X-417. Victoria, Columbia Británica, Canadá, Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre.
- Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J.K., Thomas, C.D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W.J., Thomas, J.A. y Warren, M. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399: 579–583.
- Rank, N.E. y Dahlhoff, E.P. 2002. Allele frequency shifts in response to climate change and physiological consequences of allozyme variation in a montane insect. *Evolution*, 56: 2278–2289.
- Régnière, J. y Bentz, B. 2007. Modeling cold tolerance in the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae*. *Journal of Insect Physiology*, 53: 559–572.
- Régnière, J., Nealis, V. y Porter, K. 2009. Climate suitability and management of the gypsy moth invasion into Canada. *Biological Invasions*, 11: 135–148.
- Régnière, J. y St-Amant, R. 2008. *BioSIM 9 user's manual*. Information Report LAU-X-134. Quebec, Canadá, Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre.
- Simard, I., Morin, H. y Lavoie, C. 2006. A millennial-scale reconstruction of spruce budworm abundance in Saguenay, Quebec, Canadá. *The Holocene*, 16: 31–37.
- Stireman, J.O. III, Dyer, L.A., Janzen, D.H., Singer, M.S., Lill, J.T., Marquis, J.R., Ricklefs, R.E., Gentry, G.L., Hallwachs, W., Coley, P.D., Barone, J.A., Greemey, H.F., Connahs, H., Barbosa, P., Morais, H.C. y Diniz, I.R. 2005. Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: implications of global warming.

- Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 17384–17386.
- Thomas, C.D., Bodsworth, E.J., Wilson, R.J., Simmons, A.D., Davies, Z.G., Musche, M. y Conradt, L.** 2001. Ecological and evolutionary processes at expanding range margins. *Nature*, 411: 577–581.
- Thomas, J.A.** 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360: 339–357.
- Tran, J.K., Ylloja, T., Billings, R.F., Régnière, J. y Ayres, M.P.** 2007. Impact of minimum winter temperatures on the population dynamics of *Dendroctonus frontalis*. *Ecological Applications*, 17: 882–899.
- Trotter, R.T. III, Cobb, N.S. y Whitham, T.G.** 2008. Arthropod community diversity and trophic structure: a comparison between extremes of plants stress. *Ecological Entomology*, 33: 1–11.
- van Asch, M. y Visser, M.E.** 2007. Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. *Annual Review of Entomology*, 52: 37–55.
- Williams, S.E., Bolitho, E.E. y Fox, S.** 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 270: 1887–1892.
- Wolf, A., Kozlov, M.V. y Callaghan, T.V.** 2008. Impact of non-outbreak insect damage on vegetation in northern Europe will be greater than expected during a changing climate. *Climatic Change*, 87: 91–106. ♦

Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento?

C.D. Allen

Una introducción a las pautas mundiales emergentes relativas a la muerte regresiva del bosque inducida por el clima.

La expansión demográfica y económica está causando, en muchas zonas de bosque de diversas regiones, transformaciones rápidas y directas. Menos evidentes resultan los efectos generalizados del cambio climático en curso en la situación de los bosques a través del mundo. Los bosques cubren en conjunto el 30 por ciento de la superficie de la Tierra (FAO, 2006). Se han documentado recientemente casos de muerte regresiva (definida aquí como la muerte de árboles en cantidades muy por encima de los normales niveles de mortalidad) relacionados con la sequía y el calor que llevan a constatar que este fenómeno obedece a pautas mundiales. El presente artículo ofrece una introducción a la comprensión de estas pautas y examina la posibilidad de que la muerte regresiva inducida por agentes climáticos suponga un factor de riesgo para muchos bosques y terrenos boscosos. Un artículo más exhaustivo (Allen *et al.*, 2009) estudia este tema con mayor detalle.

Si bien los fenómenos climáticos—desde tempestades de hielo hasta tornados y huracanes— pueden ocasionar múltiples daños en los bosques, aquí se hace hincapié en el estrés hídrico impulsado por la sequía y las altas temperaturas.

EL CLIMA CONSIDERADO COMO MOTOR DEL CRECIMIENTO Y DE LA MORTALIDAD DE LOS BOSQUES

Se reconoce que el clima de la Tierra está siendo afectado por importantes cambios de origen humano, y que las temperaturas mundiales medias sobrepasan en la actualidad los máximos históricos de los últimos 1 300 años (IPCC, 2007). En muchas regiones se pronostican cambios aún más pronunciados en los patrones climáticos durante las próximas décadas: temperaturas más elevadas y pautas de precipitación

alteradas que harán variar la disponibilidad de agua para los vegetales.

El recalentamiento mundial, los cambios en la composición atmosférica (por ejemplo, el incremento de concentraciones de compuestos nitrogenados y de CO₂ originados por el enorme volumen de emisiones provenientes de las actividades humanas) y los aumentos locales de luz solar y precipitaciones han favorecido el crecimiento de muchos bosques en el últimos decenios. Esto ha ocurrido en lugares y períodos en que había agua en abundancia, y se ha debido a que la mayor parte de los bosques del mundo se encuentra en zonas donde el crecimiento y la productividad de los árboles están limitados por la temperatura, la luz o los nutrientes (Boisvenue y Running, 2006).

Por otra parte, alrededor de un tercio de las tierras del mundo son en la actualidad demasiado secas para el crecimiento de los árboles. Muchas zonas arboladas y terrenos boscosos están localizados en zonas climáticas marginales, en las que la productividad neta de la vegetación primaria está muy limitada por el agua (Boisvenue y Running, 2006). En respuesta a la sequía o a las temperaturas más cálidas (por ejemplo, Peñuelas, Lloret y Montoya, 2001), los bosques de estas regiones semiáridas suelen registrar disminuciones marcadas del crecimiento y un aumento de la mortalidad; así también sucede con las especies de árboles que crecen en las márgenes más secas de su área de distribución (por ejemplo, Jump, Hunt y Peñuelas, 2006).

Sin embargo, en los bosques más húmedos del mundo, desde los húmedos tropicales hasta los boreales, el crecimiento y la mortalidad también son procesos biológicos muy sensibles a los efectos de la sequía (Clark, 2004; Nepstad *et al.*, 2007; Soja *et al.*, 2007). Tal y como se observó durante la sequía y ola de calor

Craig D. Allen trabaja para el Estudio Geológico de los Estados Unidos, Centro de Ciencia de Fort Collins, Estación de Campo Montañas de Jemez, Los Álamos, Nuevo México (Estados Unidos de América).

que asoló Europa en 2003, los bosques templados que crecen en lugares productivos pueden evidenciar marcadas disminuciones de crecimiento, altos niveles de mortalidad y efectos retardados debidos a estrés por sequía y calor extremos que se manifiestan a lo largo de muchos años (Ciais *et al.*, 2005; Breda *et al.*, 2006). Las altas temperaturas pueden, por sí solas e independientemente de las precipitaciones, aumentar el estrés hídrico del bosque (Barber, Juday y Finney, 2000; Angert *et al.*, 2005), y no pareciera que ningún bosque del mundo está a salvo de los impactos de la sequía.

Como la mortalidad de los árboles se debe por lo general a factores múltiples e interrelacionados, que van de la sequía a

las plagas de insectos y enfermedades, la determinación de una causa de mortalidad única sería poco realista. No obstante, los factores de estrés abiótico son frecuentemente la razón fundamental de las enfermedades de los bosques; y se considera que los factores de estrés ligados al clima juegan un rol preponderante en la aparición de muchos brotes graves de insectos y enfermedades forestales (Desprez-Loustau *et al.*, 2006; Raffa *et al.*, 2008).

El estrés hídrico inducido por el clima es causa indirecta de mortalidad de árboles debido a efectos agudos y de breve duración tales como la interrupción irreversible de la columna de agua presente en el interior del tronco y las hojas (cavitación). La resistencia y vulnerabilidad de las especies

de árboles a la cavitación, factor clave de la resistencia a la sequía, es sumamente variable. Los árboles sometidos a estrés hídrico minimizan el riesgo de cavitación mediante la oclusión de los estomas; consiguen así reducir la pérdida de agua y la consiguiente tensión en el xilema. La oclusión estomática tiene su precio, ya que impide la difusión del CO₂ hacia el follaje y limita la fotosíntesis. El estrés hídrico crónico y prolongado debilita y termina matando los árboles, ya sea directamente por privación de carbono, o indirectamente debido a los ataques de plagas, como el escarabajo del pino de montaña, que aniquilan las defensas ya disminuidas de estos árboles (McDowell *et al.*, 2008). El clima afecta también directamente a la dinámica de las poblaciones de insectos forestales y patógenos fúngicos (por ejemplo, Hicke *et al.*, 2006). Por consiguiente, algunos brotes masivos de insectos que matan árboles son atribuibles al cambio climático (Raffa *et al.*, 2008). Independientemente del mecanismo que la determine, la muerte regresiva es a menudo un proceso no lineal; puede manifestarse abruptamente a escala regional, cuando las condiciones climáticas exceden el umbral fisiológico de tolerancia de la especie, o puede desencadenar brotes de plagas de insectos (Allen, 2007).

No pocos informes establecen un nexo entre el aumento de la mortalidad forestal y una combinación de condiciones climáticas muy secas y/o cálidas, tales como las sequías observadas en el trópico tras fenómenos de El Niño en 1988 y 1997-1998 particularmente intensos, el recalentamiento constante y la sequía generalizada que se han registrado en la zona occidental de América del Norte desde el decenio de 1990, y la ola de calor y la sequía excepcionales del verano de 2003 en la zona occidental de Europa.

PATRONES MUNDIALES RECIENTES DE LA MUERTE REGRESIVA

En los últimos tiempos, la mortalidad forestal asociada con la sequía se ha documentado en todos los continentes en los que hay tierras arboladas (véase la figura, pág. 46), y en diversos tipos de bosque y zonas climáticas. Por lo general, la muerte regresiva se observa en las cercanías del margen geográfico o altitudinal de un tipo de bosque o especie de árbol (Jump, Hunt y Peñuelas, 2006) y, probablemente, no lejos del umbral histórico de idoneidad climática

Ejemplos de fenómenos de muerte regresiva relacionada con la sequía en todo el mundo

Región/país	Tipo de bosque
África	
Árgelia	<i>Cedrus atlantica</i>
Namibia	<i>Aloe dichotoma</i>
Senegal	Especies de <i>Acacia</i> , <i>Cordyla</i> , <i>Nauclea</i> y <i>Sterculia</i>
Sudáfrica	Especies de <i>Dichrostachys</i> , <i>Pterocarpus</i> y <i>Strychnos</i> en el noreste
Uganda	Especies de <i>Uvariopsis</i> y <i>Celtis</i> en el bosque húmedo tropical
Asia y el Pacífico	
Australia	Especies de <i>Eucalyptus</i> y <i>Corymbia</i> en el noreste
China	<i>Pinus tabulaeformis</i> en las regiones oriental y central, <i>Pinus yunnanensis</i> en el suroeste
India	Especies de <i>Acacia</i> , <i>Terminalia</i> y <i>Emblia</i> en el noroeste
Malasia	Dipterocarpaceae en los bosques húmedos tropicales de Borneo
República de Corea	<i>Abies koreana</i>
Federación de Rusia	Especies de <i>Picea</i> y <i>Pinus</i> en los bosques templados y boreales de Siberia
Europa	
Francia	Especies de <i>Abies</i> , <i>Fagus</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i>
Grecia	<i>Abies alba</i> en el norte
Noruega	<i>Picea abies</i> en el sudeste
Federación de Rusia	<i>Picea obovata</i> en el noroeste
España	Especies de <i>Fagus</i> , <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i>
Suiza	<i>Pinus sylvestris</i>
América Latina y el Caribe	
Argentina	Especies de <i>Austrocedrus</i> y <i>Nothofagus</i> en la Patagonia
Brasil	Bosque tropical atlántico semicaducifolio en el sudeste
Costa Rica	Bosque húmedo tropical
Panamá	Bosque húmedo tropical
Cercano Oriente	
Turquía	Especies de <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i> en la región central
Arabia Saudita	<i>Juniperus procera</i>
América del Norte	
Canadá	Especies de <i>Acer</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> y <i>Populus</i>
Estados Unidos de América	Especies de <i>Abies</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , <i>Populus</i> , <i>Pseudotsuga</i> y <i>Quercus</i>

Fuente: Allen *et al.*, 2009 (las referencias completas están en esta publicación).

donde cabría esperar la respuesta más sensible a las fluctuaciones climáticas.

En el cuadro se presentan algunos ejemplos de episodios de muerte regresiva impulsada por estrés hídrico y térmico derivado del clima desde 1970; los ejemplos se basan en un estudio mundial de más de 120 casos documentados (Allen *et al.*, 2009). Aunque la muerte regresiva se observa comúnmente en regiones semiáridas donde el índice de crecimiento leñoso vegetal bordea el límite fisiológico de sequedad de las plantas leñosas (por ejemplo, Fensham, Fairfax y Ward, 2009), es evidente que la sequía inducida por el clima y el estrés térmico pueden ser causa potencial de muerte regresiva en muchos tipos de bosque y zonas arboladas en todo el mundo. Estos casos se han documentado con frecuencia en algunas zonas meridionales de Europa (Peñuelas, Lloret y Montoya, 2001; Breda *et al.*, 2006) y en bosques templados o boreales de la zona occidental de América del Norte, donde, en los últimos decenios, las tasas de mortalidad inevitable han aumentado rápidamente (van Mantgem *et al.*, 2009) y donde la muerte profusa de muchas especies en numerosos tipos de bosque ha afectado a más de 10 millones de hectáreas desde 1997 (Breshears *et al.*, 2005; Raffa *et al.*, 2008).

CONSECUENCIAS DE LA MORTALIDAD FORESTAL EN GRAN ESCALA

Puesto que los árboles crecen de forma relativamente lenta pero pueden morir rápidamente, es sumamente importante evaluar el potencial y las consecuencias de un fenómeno de muerte regresiva generalizada inducido por el clima. Una sequía intensa puede matar en pocos meses o años árboles centenarios. Por consiguiente, la mortalidad forestal desencadenada por la sequía puede determinar en el ecosistema cambios veloces en zonas muy extensas. Dichos cambios tardan mucho menos en manifestarse que los que provienen de transiciones graduales debidas a la regeneración y al crecimiento. En el cuenca del Amazonas, por ejemplo, los impactos ligados al uso de la tierra, como las quemaduras antropógenas y la fragmentación forestal y los factores de estrés inducidos por el clima, que se influyen mutuamente, pueden verosímelmente, en algunas regiones, intensificar la muerte regresiva (Nepstad *et al.*, 2008). Si la muerte regresiva masiva

obligase a los actuales ecosistemas forestales a un reajuste abrupto, se registrarían efectos ecológicos y sociales omnipresentes y persistentes que se traducirían en pérdidas de productos forestales y servicios del ecosistema, y en especial modo la capacidad de absorción del carbono atmosférico.

Entre las consecuencias de la muerte regresiva intensa cabe mencionar la redistribución de los depósitos de carbono dentro de un ecosistema y una rápida liberación de carbono a la atmósfera. Por ejemplo, los efectos climáticos derivados de la muerte regresiva, de la mortalidad por insectos y enfermedades y del impacto del fuego han convertido en los últimos tiempos los bosques templados y boreales de Canadá, antes sumideros netos de carbono, en fuentes netas de carbono (Kurz *et al.*, 2008). Análogamente, no sería imposible que, debido al colapso forestal generalizado por sequía, durante el presente siglo los bosques húmedos tropicales del mundo, hoy sumideros netos de carbono, se transformasen en una gran fuente neta de carbono (Lewis, 2005).

Ante los riesgos potenciales de muerte regresiva inducida por el clima, cabe desear que en las actuaciones de ordenación se prestase mayor atención a las opciones de adaptación destinadas a reforzar la resistencia y resiliencia de los bosques a los efectos pronosticados de estrés, por ejemplo mediante el raleo de los rodales con el objeto de reducir la competencia entre especies, la selección de genotipos diferentes (por ejemplo, de resistencia a la sequía) o la translocación de especies con el fin de su adaptación a los cambios climáticos augurados.

¿ES LA MUERTE REGRESIVA UNA NUEVA TENDENCIA MUNDIAL?

Forestales y expertos en ecología saben ya desde hace tiempo que el estrés climático tiene efectos considerables en la salud forestal. El interés que despierta la muerte regresiva inducida por el clima y las acciones de sensibilización que se han llevado a cabo al respecto no son recientes (Auclair, 1993; Ciesla y Donaubauer, 1994). Se conoce que la variación climática natural ha impulsado a lo largo de la historia episodios de mortalidad forestal generalizada (Swetnam y Betancourt, 1998). Entonces, ¿tienen lugar hoy sucesos diferentes? La Tierra experimenta sin

lugar a dudas en nuestra época un cambio climático substancial y rápido, que tiene una orientación precisa. Este cambio ha sido avivado por grandes alteraciones antropógenas que afectan a la atmósfera, la superficie terrestre y las aguas (IPCC, 2007). Al mismo tiempo, el fenómeno de muerte regresiva inducida por el clima, va, según parece, en aumento en muchas partes del mundo. Aunque no se dispone aún de datos probatorios definitivos, es posible que los numerosos informes del fenómeno indiquen un incremento mundial de los problemas relacionados con la salud forestal y la muerte regresiva del bosque. A la luz de los problemas ya constatados bajo condiciones de un aumento relativamente contenido de la temperatura media mundial en tiempos recientes (unos 0,5 °C desde 1970) y un clima más seco en determinadas zonas (por ejemplo, Seager *et al.*, 2007); y dado que se esperan temperaturas medias aún mayores (de alrededor de 2 a 4 °C a nivel mundial, y más en algunas regiones), y condiciones de secado durante períodos prolongados en ciertos lugares, cabe esperar, según las proyecciones, a partir de 2100, una intensificación de los factores de estrés forestal crónico y de riesgo de mortalidad (IPCC, 2007). Más allá de las variaciones en las condiciones climáticas promedio, otros cambios climáticos tales como sequías extremas, temperaturas máximas muy altas y olas de calor prolongadas—siempre más frecuentes y graves— (IPCC, 2007), podrían, según las proyecciones, exacerbar los episodios de muerte regresiva.

Las conclusiones acerca de las tendencias de mortalidad forestal y las predicciones relativas al fenómeno de muerte regresiva inducida por el clima en el futuro se ven limitadas por vacíos de información e investigaciones inciertas. En primer término, y pese a que se han realizado seguimientos forestales nacionales e incluso regionales, se carece aún de datos mundiales adecuados sobre salud forestal (FAO, 2006). Para determinar con exactitud la situación y tendencias mundiales del estrés forestal y la mortalidad, así como para entender las respuestas del ecosistema tras los acontecimientos de muerte regresiva, se necesita llevar a cabo un seguimiento de la salud forestal preciso, a largo plazo y a escala mundial, en el que datos de telepercepción y mediciones en el terreno se combinen.

Localidades donde se registra un aumento de la mortalidad forestal relacionada con el estrés climático debido a la sequía y a las altas temperaturas

Mortalidad grave de la masa principal de álamo temblón (*Populus tremuloides*) tras la sequía de 2001-2002 en la zona verde de Saskatchewan (Canadá) (agosto de 2004)



M. MICHAELIAN

Mortalidad de *Pinus sylvestris* inducida por la sequía, Andalucía (España) (abril de 2006)



R. NAVARRO



C.D. ALLEN

C.D. ALLEN

Mortalidad tras una sequía cálida a comienzos del decenio de 2000, montañas de Jemez, Nuevo México (Estados Unidos de América): izquierda, mortalidad de *Pinus ponderosa* (julio de 2006); derecha, mortalidad masiva de *Pinus edulis* y supervivientes aislados de *Juniperus monosperma* (mayo de 2004)



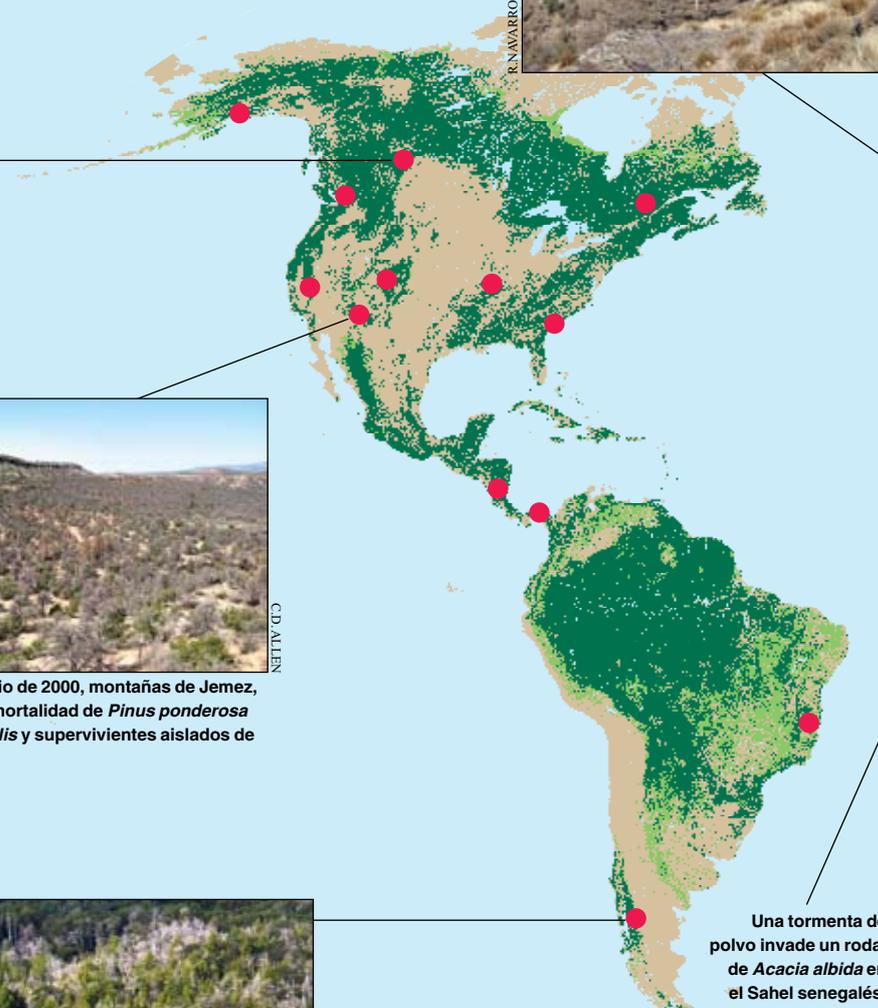
T. KITZBERGER

Mortalidad de *Nothofagus dombeyi* en rodal mixto de *N. dombeyi*-*Austrocedrus chilensis* inducida por sequía cálida en 1998-1999, Patagonia septentrional (Argentina) (septiembre de 2004)

Una tormenta de polvo invade un rodal de *Acacia albida* en el Sahel senegalés, donde el fenómeno de muerte regresiva ha sido documentado en la segunda mitad del siglo xx (1993)



P. GONZALEZ



Nota: Solo se muestran las localidades mencionadas en el cuadro; los mapas contenidos en Allen *et al.*, 2009 incluyen otras localidades.

Mortalidad de *Pinus sylvestris* inducida por el clima, Valais (Suiza) (1999)



A. RIGLING

Mortalidad de *Pinus yunnanensis*, provincia de Yunnan (China), inducida por una sequía que tuvo como consecuencia brotes de hilesino destructor de los pinos *Tomicus yunnanensis* y *Tomicus minor*, entre 2003 y 2005 (julio de 2005)



Z. ZHANG

Muerte de *Acacia aneura* inducida por la sequía, Australia oriental (2007)



R. FENSHAM



H. CHENCHOUNI & M. BENSACI

A. BRKI

Mortalidad de *Cedrus atlantica* desencadenada por la sequía, Parque nacional de Belezma (Argelia), con especies supervivientes en el piso inferior, incluida *Quercus ilex* (2007)



FAO/FO-6298/G. ALLIAND

Muerte regresiva y decadencia de *Juniperus procera*, Arabia Saudita (marzo de 2006)

En segundo lugar, solo se dispone hoy de datos cuantitativos del umbral fisiológico de mortalidad causada por estrés hídrico agudo para unas pocas especies de árboles (McDowell *et al.*, 2008); en cambio, los datos conexos sobre sensibilidad térmica se desconocen casi por completo. Más aún, poco se sabe de las secuencias específicas del lugar y de los rangos de condiciones climáticas promedio y extremas capaces de desencadenar un fenómeno de mortalidad de árboles específicos en bosques situados en paisajes reales que pueda conducir potencialmente a la muerte regresiva generalizada de los individuos.

En tercer lugar, los investigadores ignoran aún los procesos de retroalimentación y las interacciones no lineales entre estrés forestal inducido por el clima y otros fenómenos de perturbación relacionados con el clima, tales como los brotes de insectos y el fuego, que son causa de mortalidad forestal muy difundida (Allen, 2007).

La incertidumbre científica acerca de los procesos fundamentales de mortalidad en árboles constituye una limitación básica para la realización de modelos cuantitativos más exactos de muerte regresiva futura inducida por el clima (por ejemplo, Huntingford *et al.*, 2008). Así pues, estas carencias acortan también la posibilidad de predecir las consecuencias de la muerte regresiva en el potencial de secuestro de carbono atmosférico excedente por los bosques del mundo; o, en cambio, de predecir que los bosques se conviertan en fuentes de carbono y contribuyan a un cambio climático ampliado (Lucht *et al.*, 2006).

En resumen, para aumentar la certidumbre científica de los riesgos de mortalidad futura inducida por el clima, y con el objeto de fundamentar las decisiones normativas y la ordenación forestal en todo el mundo, es indispensable intensificar el seguimiento de la salud forestal mundial y llevar a cabo nuevas investigaciones. ♦



Bibliografía

- Allen, C.D. 2007. Cross-scale interactions among forest dieback, fire, and erosion in northern New Mexico landscapes. *Ecosystems*, 10: 797–808.
- Allen, C.D., Macalady, A., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Gonzales, P., Hogg, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Fensham, R., Zhang, Z., Kitzberger, T., Lim, J.-H., Castro, J., Running, S.W., Allard, G., Semerci, A. y Cobb, N. 2009. Climate-induced forest mortality: a global overview of emerging risks. *Forest Ecology and Management* (en revisión).
- Angert, A., Biraud, S., Bonfils, C., Henning, C.C., Buermann, W., Pinzon, J., Tucker, C.J. y Fung, I. 2005. Drier summers cancel out the CO₂ uptake enhancement induced by warmer springs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(31): 10823–10827.
- Auclair, A.N.D. 1993. Extreme climatic fluctuations as a cause of forest dieback in the Pacific Rim. *Water, Air and Soil Pollution*, 66(3–4): 207–229.
- Barber, V.A., Juday, G.P. y Finney, B.P. 2000. Reduced growth of Alaskan white spruce in the twentieth century from temperature-induced drought stress. *Nature*, 405: 668–673.
- Boisvenue, C. y Running, S.W. 2006. Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology*, 12(5): 862–882.
- Breda, N., Huc, R., Granier, A. y Dreyer, E. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63: 625–644.
- Breshears, D.D., Cobb, N.S., Rich, P.M., Price, K.P., Allen, C.D., Balice, R.G., Romme, W.H., Kastens, J.H., Floyd, M.L., Belnap, J., Anderson, J.J., Myers, O.B. y Meyer, C.W. 2005. Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(42): 15144–15148.
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, A.D., Friedlingstein, P., Grunwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J.M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J.F., Sanz, M.J., Schulze, E.D., Vesala, T. y Valentini, R. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437(7058): 529–533.
- Ciesla, W.M. y Donaubauer, M.E. 1994. *Decline and dieback of trees and forests: a global overview*. FAO Forestry Paper No. 120. Roma, FAO.
- Clark, D.A. 2004. Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 359: 477–491.
- Desprez-Loustau, M.-L., Marçais, B., Nageleisen, L.-M., Piou, D. y Vannini, A. 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of Forest Science*, 63: 597–612.
- FAO. 2006. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible*. Estudio FAO: Montes 147. Roma.
- Fensham, R.J., Fairfax, R.J. y Ward, D.P. 2009. Drought-induced tree death in savanna. *Global Change Biology* (en prensa).
- Hicke, J.A., Logan, J.A., Powell, J. y Ojima, D.S. 2006. Changing temperatures influence suitability for modeled mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) outbreaks in the western United States. *Journal of Geophysical Research*, 111: G02019.
- Huntingford, C., Fisher, R.A., Mercado, L., Booth, B.B.B., Sitch, S., Harris, P.P., Cox, P.M., Jones, C.D., Betts, R.A., Malhi, Y., Harris, G., Collins, M. y Moorcroft, P. 2008. Towards quantifying uncertainty in predictions of Amazon “die-back”. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 363(1498): 1857–1864.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. *Climate change 2007 – the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Jump, A., Hunt, J.M. y Peñuelas, J. 2006. Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, 12: 2163–2174.
- Kurz, W.A., Stinson, G., Rampley, G.J., Dymond, C.C. y Neilson, E.T. 2008. Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada’s forests to the global carbon cycle highly uncertain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: 1551–1555.
- Lewis, S.L. 2005. Tropical forests and the changing earth system. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 361: 195–210.
- Lucht, W., Schaphoff, S., Erbrecth, T., Heyder, U. y Cramer, W. 2006. Terrestrial vegetation redistribution and carbon balance under climate change. *Carbon Balance and Management*, 1: 6.

- McDowell, N., Pockman, W.T., Allen, C.D., Breshears, D.D., Cobb, N., Kolb, T., Sperry, J., West, A., Williams, D. y Yepez, E.A.** 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? Tansley Review. *New Phytologist*, 178: 719–739.
- Nepstad, D.C., Tohver, I.M., Ray, D., Moutinho, P. y Cardinot, G.** 2007. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. *Ecology*, 88(9): 2259–2269.
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Soares-Filho, B. y Merry, F.** 2008. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 363(1498): 1737–1746.
- Peñuelas, J., Lloret, F. y Montoya, R.** 2001. Severe drought effects on Mediterranean woody flora in Spain. *Forest Science*, 47: 214–218.
- Raffa, K.F., Aukema, B.H., Bentz, B.J., Carroll, A.L., Hicke, J.A., Turner, M.G. y Romme, W.H.** 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58(6): 501–517.
- Seager, R., Ting, M., Held, I., Kushnir, Y., Lu, J., Vecchi, G., Huang, H.-P., Harnik, N., Leetmaa, A., Lau, N.-C., Li, C., Velez, J. y Naik, N.** 2007. Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America. *Science*, 316: 1181–1184.
- Soja, A.J., Tchepakova, N.M., French, N.H.F., Flannigan, M.D., Shugart, H.H., Stocks, B.J., Sukhinin, A.I., Varfenova, E.I., Chapin F.S. y Stackhouse, P.W. Jr.** 2007. Climate-induced boreal forest change: Predictions versus current observations. *Global Planet. Change*, 56(3-4):274–296.
- Swetnam, T.W. y Betancourt, J.L.** 1998. Mesoscale disturbance and ecological response to decadal climatic variability in the American Southwest. *Journal of Climate*, 11: 3128–3147.
- van Mantgem, P.J., Stephenson, N.L., Byrne, J.C., Daniels, L.D., Franklin, J.F., Fulé, P.Z., Harmon, M.E., Larson, A.J., Smith, J.M., Taylor, A.H. y Veblen, T.T.** 2009. Widespread increase of tree mortality rates in the western United States. *Science*, 323: 521–524. ♦

Los programas de mejoramiento de árboles para la salud de los bosques: ¿pueden seguir el mismo ritmo de los cambios climáticos?

A. Yanchuk y G. Allard

¿Pueden los programas de mejoramiento de árboles dar origen a fenómenos de resistencia «genérica» con los que se compensarían los problemas planteados por las nuevas plagas y enfermedades potenciales que podrían surgir más rápidamente con el cambio climático?

En tanto que los genetistas forestales estudian las adaptaciones fisiológicas de las poblaciones arbóreas en diferentes escenarios de cambio climático, también deben tomar en consideración los probables efectos de las nuevas introducciones de plagas de insectos y de enfermedades, además del aumento de las alteraciones naturales de las plagas autóctonas. ¿Qué enseñanzas se pueden extraer de las inversiones realizadas en el pasado en la investigación sobre la resistencia a las enfermedades y a las plagas y en el mejoramiento genético, particularmente con los desafíos planteados por los escenarios del cambio de clima? ¿Se puede desarrollar una mayor resistencia genérica y general para compensar los problemas potenciales de las nuevas plagas y enfermedades que surgirán en menos de diez años?

Los principales programas de mejoramiento comercial elaborados a nivel mundial se han centrado esencialmente en las mejoras de productividad en las primeras

generaciones de material genético, pero algunas veces han incluido un elemento de resistencia a plagas de insectos y a enfermedades. Muchos individuos resistentes a plagas y enfermedades, y aun genes de resistencia específica, se han hallado en las especies arbóreas forestales y actualmente algunos son utilizados en el mejoramiento genético.

El presente artículo resume los resultados de una reciente investigación mundial acerca de la resistencia a los insectos y a las enfermedades que indica que, a pesar de que algunos programas de resistencia bien orientados han tenido efectos importantes en el mejoramiento de la salud de los bosques plantados, los mayores beneficios han sido para un pequeño número de especies de interés comercial particular cuyo desarrollo ha requerido decenas de años. El artículo indica que los métodos utilizados en el pasado pueden ser ineficaces ante los rápidos cambios climáticos, y también identifica cinco desafíos futuros que podrían

Como se estima que el recalentamiento del clima aumenta los casos de banda roja (mostrada en el pino torcido, Pinus contorta), valdría la pena buscar los mecanismos de resistencia que pueden reducir la infección provocada por varias especies de hongos



Alvin Yanchuk trabaja en la Subdirección de Investigaciones del Servicio Forestal de Columbia Británica, Victoria, Columbia Británica (Canadá).

Gillian Allard es Oficial de Protección Forestal de la División de Ordenación Forestal, Departamento Forestal, FAO, Roma.

A. YANCHUK

Lista parcial de los principales programas mundiales de mejoramiento genético que prevén la preparación y plantación de árboles forestales resistentes a las plagas de insectos y a las enfermedades

Especies arbóreas	Ataques de plagas de insectos o de enfermedades	Tipo	País
<i>Pinus monticola</i>	<i>Cronartium ribicola</i>	Hongo	Estados Unidos de América
<i>Pinus taeda</i>	Enfermedad de roya fusiforme (<i>Cronartium quercuum</i>)	Hongo	Estados Unidos de América
<i>Populus</i> spp.	<i>Melampsora</i> spp.; <i>Venturia populina</i> ; <i>Septoria populicola</i>	Enfermedad, insectos	Estados Unidos de América
		Insectos	China
<i>Salix</i> spp.	Roya de hoja	Enfermedad, insectos	Europa
		Enfermedad, insectos	Suecia
<i>Pinus radiata</i>	Banda roja (<i>Mycosphaerella pini</i>)	Enfermedad, insectos	Estados Unidos de América
<i>Picea sitchensis</i>	Áfido del abeto (<i>Elatobium abietinum</i>)	Hongo	Nueva Zelanda
<i>Picea glauca</i> y <i>P. sitchensis</i>	Gorgojo pequeño del pino (<i>Pissodes strobi</i>)	Insectos	Dinamarca
		Insectos	Canadá

comprometer el potencial de los programas de mejoramiento forestal para optimizar la sanidad forestal en climas cambiantes.

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PROBLEMAS DE PLAGAS Y DE ENFERMEDADES

Se prevé que el cambio climático exigirá u originará movimientos en gran escala de especies y de poblaciones dentro de especies hacia zonas climáticas donde en la actualidad tales especies o poblaciones podrían no existir. Serán necesarias nuevas y sólidas estrategias de ordenación forestal para compensar los desfases de adaptación de las especies y sus poblaciones y mantener la productividad y la salud de los bosques. El vigor y la productividad de los árboles serán la primera línea de defensa contra las plagas de insectos y las enfermedades.

Además, se prevé que las variedades de plagas de insectos se expandirán en diferentes escenarios de establecimiento de modelos del cambio climático (por ejemplo, la mariposa monja, *Lymantria monacha*; la lagarta de la encina, *Lymantria dispar*) (Vanhanen *et al.*, 2007). Las enfermedades y las plagas de insectos siguen siendo introducidas e invaden y amenazan regiones fuera de sus ámbitos de distribución natural (Lovett *et al.*, 2006). Se estima que el recalentamiento del clima es una causa importante de los brotes epidémicos de enfermedades y plagas nativas que están causando problemas relativamente nue-

vos y catastróficos; los ejemplos recientes comprenden, en particular, la banda roja (Woods, Coates y Hamann, 2005) y el escarabajo del pino de montaña (Aukema *et al.*, 2008) en Canadá occidental.

RESULTADOS HASTA HOY DE LOS PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA

Un estudio de la literatura especializada para evaluar la eficacia de la investigación de genética forestal para la resistencia a las enfermedades y a las plagas de insectos, llevada a cabo por la FAO con la colaboración del Servicio Forestal de Columbia Británica (Canadá), clasificó las actividades de los programas de mejoramiento genético según cuatro niveles de desarrollo:

- Nivel 1 – grandes programas de mejoramiento genético que han originado

la plantación operativa de material resistente (los huertos semilleros u otros tipos de propágulos);

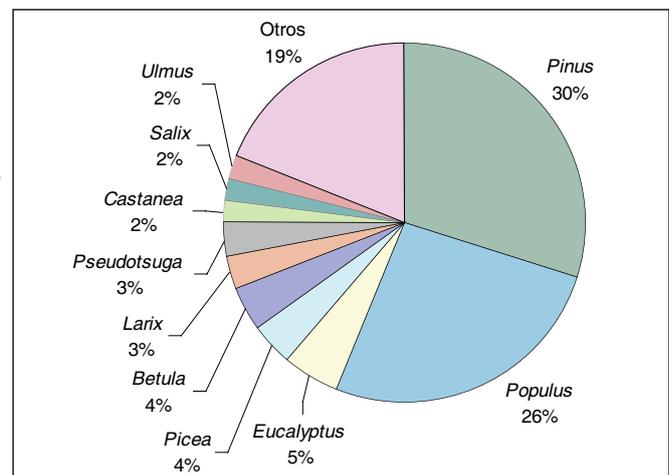
- Nivel 2 – grandes programas de investigación o de mejoramiento genético que no han originado aún plantaciones operativas;
- Nivel 3 – grandes programas de investigación o de mejoramiento genético que han identificado variación genética en la resistencia en los ensayos de genética/proveniencia;
- Nivel 4 – estudios que han identificado variación genética en la resistencia durante ensayos pequeños de plantones de semillas de investigación o pruebas clónicas.

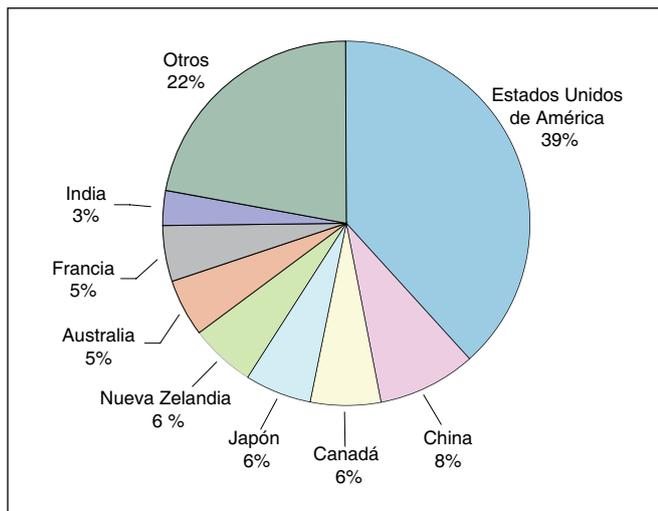
Si bien los métodos técnicos que pueden aplicarse están un tanto predeterminados por estos niveles, también se identificaron tres técnicas para clasificar aún más las iniciativas:

- métodos tradicionales de mejoramiento de plantas;
- métodos de biología molecular;
- ingeniería genética.

En este análisis se registró un total de 260 actividades relativas al mejoramiento de los árboles forestales para la resistencia a las plagas y a las enfermedades (FAO, 2008). La lista no tenía como finalidad considerar todas las publicaciones sobre la resistencia de una especie particular, como algunos programas de resistencia (por ejemplo, el de la resistencia fusiforme en el *Pinus taeda*) de los que han informado cientos de trabajos científicos. La intención fue más bien presentar una muestra de textos relativos a cada esfera del programa. El cuadro resume algunos de los programas que han tenido las mayores repercusiones hasta hoy.

1
Programas de mejoramiento genético para la resistencia a las enfermedades y a las plagas de insectos, por género forestal





2
Programas de mejoramiento genético para la resistencia a enfermedades y plagas de insectos, por país

Resumen del estudio

Por especies arbóreas forestales. Se presentaron treinta y seis géneros. Los géneros más comúnmente investigados fueron los pinos (*Pinus* spp.) y los álamos (*Populus* spp.), representando ambos más de la mitad de las actividades registradas (Figura 1).

Las especies más estudiadas incluyeron *Pinus radiata* (16 registros), *P. taeda* (9 registros) y *P. monticola* y *P. ponderosa* var. *Ponderosa* (6 registros cada una). Otras especies con por lo menos cuatro actividades fueron *Picea abies*, *Pinus contorta*, *Betula pendula*, *Cryptomeria japonica*, *Eucalyptus globulus*, *Hevea brasiliensis*, *Pinus lambertiana* y *Populus deltoides*.

Por tipo y especie de plaga. Aproximadamente 54 por ciento de las actividades citadas en el estudio investigaron la resistencia de los árboles a la especie de enfermedad, 36 por ciento tomaron como objetivo las plagas de insectos forestales y 6 por ciento investigaron ambos tipos de plagas. La resistencia a los mamíferos fue el objetivo de sólo seis actividades (aproximadamente el 2 por ciento) y una actividad se ocupó de la resistencia a los nematodos.

Las especies de plagas de insectos más comúnmente tomadas como objetivo incluyeron *Chrysomela scripta* (cinco actividades) y *Pissodes strobi* y *Thecodiplosis japonensis* (cuatro actividades cada una). Las enfermedades más comúnmente tomadas como objetivo incluyeron *Cronartium ribicola* (18 actividades) y *Cronartium quercuum* (siete actividades). Cuatro actividades se ocuparon cada una de *Diplodia pinea*, *Heterobasidion annosum*, *Melampsora larici-populina* y *Ophiostoma ulmi*.

Por país. La mayoría de las actividades de investigación se publican en los países desarrollados, encabezados por los Estados Unidos de América con casi 39 por ciento de todas las actividades (Figura 2), si bien algunos países emergentes en desarrollo como China (cerca del 8 por ciento), India (3 por ciento) y Brasil (1 por ciento) son activos o por lo menos han publicado y divulgado algunos resultados.

Por método. Cerca del 68 por ciento de la investigación se centró en los métodos para el mejoramiento genético de las plantas tradicionales. La ingeniería genética fue el objetivo prioritario de casi 15 por ciento de las actividades y la biología molecular casi el 13 por ciento. Aproximadamente 5 por ciento utilizó una combinación de los tres métodos.

Por nivel del programa de mejoramiento genético. Aproximadamente el 63 por ciento de todas las actividades de investigación corresponde al Nivel 4, 22 por ciento al Nivel 3 y sólo 6 por ciento al Nivel 2. Sólo 9 por ciento de las actividades registradas corresponden al Nivel 1, es decir, la etapa de la plantación operacional de material resistente; además, muchas de estas actividades, si bien llevadas a cabo por diferentes organizaciones, representan los trabajos realizados sobre las mismas especies arbóreas y son relativos a los mismos problemas causados por las plagas de insectos o las enfermedades.

Efectos de los trabajos sobre la resistencia en los bosques plantados

En general, el estudio indica claramente que, a pesar de la gran cantidad de investigación publicada a lo largo de más de 50 años, de cientos de iniciativas o programas de investigación realizados a nivel mundial, relativamente pocos son los programas que han desarrollado material resistente para la plantación operacional. Las repercusiones prácticas de los programas de mejoramiento genético para la resistencia han sido documentadas sólo para cuatro o cinco problemas de plagas y de enfermedades principales de interés comercial.

Un programa relativamente exitoso de resistencia a la enfermedad toma como objetivo la roya de vesícula del pino blanco (*Cronartium ribicola*) en América del Norte; una compleja reacción de la corteza mata los tejidos alrededor de la infección en *Pinus strobus*, un árbol con tolerancia a la enfermedad



A. VANCHEK



Cedro colorado del oeste (Thuja plicata) en bolsas de aislamiento

Respecto a la resistencia a las enfermedades, los dos programas que han tenido más éxito parecen ser el relativo al mejoramiento de la resistencia a la roya fusiforme en *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en el sur de los Estados Unidos de América y los programas de resistencia a la roya vesicular del pino blanco en la región del Imperio Interior del sur de California y el noroeste de América del Norte. La resistencia de *Pinus lambertiana* a la roya vesicular, en California y el sur de Oregón (Estados Unidos de América), es también notable. La documentación más abundante corresponde a la resistencia fusiforme; el valor promedio de plantaciones establecidas con *P. taeda* resistentes a la enfermedad se incrementó de 6 a 40 por ciento respecto a las plantaciones establecidas con existencias susceptibles, mientras que las mejoras para *P. elliottii* variaron de 40 a 90 por ciento (Brawner *et al.*, 1999).

Los avances obtenidos en los programas de primera generación respecto a líneas de genes resistentes no principales en *Pinus strobus* oscilan de 3 a 70 por ciento de supervivencia (con un raro ejemplo de gen de elevada resistencia en *Pinus lambertiana* y *P. monticola* que produjo 100 por ciento de supervivencia en la situación más simple [Kinloch *et al.*, 1999]). Estas cifras pueden estar subestimadas dado que la tasa de supervivencia del material de reciente plantación puede ser más alta; no obstante, los resultados indican claramente que los avances genéticos son posibles e importantes.

Varios programas (por ejemplo, sobre la resistencia del castaño al chancro) parecen estar a punto de tener nuevos materiales listos para utilizar; sin embargo, se necesitará mucho tiempo antes de que su efecto económico o

ambiental pueda evaluarse. Se ha desarrollado material genético resistente a banda roja en *Pinus radiata*, pero el problema ha sido en gran medida tratado mediante prácticas silviculturales (Mead, 2005).

En comparación con la resistencia a las enfermedades, los programas de resistencia a las plagas se hallan sin duda menos desarrollados y han originado menos material utilizable en los programas de reforestación en gran escala, aunque existen importantes trabajos realizados en esta esfera (como se muestra en el cuadro). El estudio reveló que sólo dos programas que utilizaban métodos tradicionales de mejoramiento genético en plantas podrían clasificarse como Nivel 1, uno para la resistencia al pulgón del abeto (*Elatobium abietinum*) (Harding, Rouland y Wellendorf, 2003) en Europa y el otro para la resistencia al gorgojo del pino (*Pissodes strobi*) en Columbia Británica (Canadá) (King *et al.*, 1997). Está aumentando el trabajo sobre material transgénico para

la resistencia a los insectos taladro y los insectos filófagos; la plantación operacional de este material se halla en los primeros estadios, pero se informa que ha sido realizada en álamos en China (Ewald, Hu y Yang, 2006). Está aumentando la labor sobre la resistencia del *Eucalyptus* a un cierto número de insectos-hoja, pero según el conocimiento de los autores, la resistencia no ha sido incorporada en materiales que se plantan con fines comerciales.

Se han invertido considerables recursos y tiempo para obtener genotipos resistentes, adquirir experiencia en su utilización y lograr efectos en la mejora de la salud de la plantación. La iniciación de un programa de mejoras para una especie arbórea, aun para unas pocas características, necesita ciertamente más años que para una especie cultivada. Con un largo proceso que comprende la selección de germoplasma para el ensayo sobre el terreno, la creación de material para ensayo, el establecimiento del ensayo y las medidas pertinentes a las edades apropiadas, la selección del mejor material y el establecimiento en semillas o huerto de setos, no debe sorprender que los programas exitosos hayan tomado una, dos o más décadas para identificar y desarrollar resistencias genéticas útiles en la práctica silvicultural.

DESAFÍOS PARA OBTENER RESULTADOS EFICACES EN CLIMAS QUE CAMBIAN

Dificultad de hallar mecanismos específicos que expliquen la resistencia de las plantas o árboles

Si bien muchas características de la resistencia a la enfermedad y a las plagas de insectos pueden señalarse con relativa

Las larvas del gorgojo del pino blanco (Pissodes strobi) que migran hacia el brote apical para rodear y matar la copa del árbol; un programa de mejora genética contra esta plaga presente en el oeste de Canadá es uno de los pocos programas elaborados para la resistencia a los insectos que ha alcanzado la etapa de la plantación operacional





Unos pocos árboles sobrevivientes de pino torcido resistentes al barrenillo de los pinos, en una familia joven (20 años); los altos niveles de ataque en las operaciones de investigación sobre el terreno a largo plazo representan una importante primera «pantalla genética» para la resistencia a los insectos devoradores de la corteza

facilidad mediante la observación de la presencia o ausencia de la plaga o enfermedad en un árbol individual, se requieren evaluaciones fenotípicas detalladas de la reacción del huésped o el comportamiento de la plaga (por ejemplo, posarse en un árbol y después dejarlo) para comprender mejor cuáles son los mecanismos generales de resistencia que se hallan en actividad.

Décadas de investigación sobre los insectos fitófagos en *Betula pubescens* (por ejemplo, Haukioja, 2003) han descubierto una amplia gama de variaciones en el abedul que pueden conferir resistencia. Por ejemplo, hay un gran espectro de compuestos de las hojas que cambia durante la estación de crecimiento; el nivel de resistencia varía según las especies fitófagas; y se hallaron cambios simples en nutrientes, contenido de agua y resistencia de las hojas que son tan importantes como cualquiera de los más complejos perfiles químicos o anatómicos detallados en los genotipos del abedul (Ripii *et al.*, 2005). Para identificar mecanismos de resistencia que pueden conferir algunas resistencias generales a clases de plagas de insectos y de enfermedades e incorporar este conocimiento a los programas que potencialmente pueden distribuir germoplasma resistente será difícil pero sumamente valioso. El desarrollo de la resistencia general se

vuelve más crítico si no es posible prever qué especies de plagas de insectos o agentes patógenos futuros se encontrarán con el cambio climático.

Transferencia de la investigación sobre los árboles silvestres a los árboles genealógicos en los programas de mejoramiento genético

Los estudios llevados a cabo en ambientes naturales no necesariamente ayudarán a los programas de mejora genética a desarrollar más germoplasma resistente. Gran parte de la investigación sobre la interacción entre las plagas de insectos o las enfermedades y los árboles hospedantes en el ambiente silvestre es importante para el propósito de establecer un modelo (por ejemplo, sobre las tasas de propagación y repercusiones en los bosques silvestres) y es de interés evolutivo, pero puede ser imposible transferir los resultados a especies o poblaciones que han sido trasladadas artificialmente en el marco de las estrategias de adaptación al cambio climático (Millar, Stephenson y Stephens, 2007). El trabajo con materiales genealógicos de los programas de mejora genética, si están disponibles y son adecuadamente expuestos a diversas plagas o enfermedades, también pueden proporcionar la información básica necesaria para los modelos de impacto en el paisaje o en el rodal.

Recursos en disminución para el mejoramiento genético tradicional en los árboles forestales

A pesar del notable progreso realizado hasta hoy mediante algunos programas, es probable que en el futuro haya menos recursos disponibles para el estudio de las interacciones específicas del huésped-plaga en los programas clásicos de mejora de árboles. A nivel mundial, la capacitación tradicional en genética cuantitativa –un conjunto de habilidades necesarias para la mejora de árboles forestales– ha estado disminuyendo (Eisen, 2008; Knight, 2003; Morris, Edmeades y Pehu, 2006). Además, muchos de los mayores y más exitosos programas de mejora genética forestal, en la actualidad, tropiezan con dificultades debidas a los profundos cambios financieros y estructurales en la industria forestal (Byram, Miller y Raley, 2006). Los recursos disponibles para la investigación necesitarán destinarse mayormente al ensayo, desarrollo y utilización de caracteres de

resistencia que pueden ayudar a bloquear los factores de amenaza desconocidos, tanto actuales como futuros. La resistencia cruzada, es decir, la resistencia contra muchas clases de plagas o enfermedades (por ejemplo, Andrew *et al.*, 2007), si puede identificarse y verificarse adecuadamente, podrá tener una importante utilidad en el futuro.

Adaptando las inversiones en la investigación de biología molecular y genómica

Las enormes inversiones en la biología molecular en muchos países, si bien de gran importancia para la investigación científica, deben alinearse mejor con los programas aplicados. El estudio señaló que aproximadamente 13 por ciento de las iniciativas utilizaron métodos de biología molecular. La información genómica evoluciona a paso rápido y es probable que muchos productos o instrumentos sean de sumo interés para los genetistas. Puede llegar a ser posible estrechar los elementos clave operativos (por ejemplo, familias de genes) en la resistencia tales como compuestos de la biosíntesis de la resina terpenoide y la producción, los alcaloides, la producción de resina tras un trauma recibido por el árbol, la formación

Ensayo de procedencia del pino torcido a 30 años de edad; los ensayos sobre el terreno como éstos han sido importantes para estudiar las repercusiones del cambio climático sobre la variación genética de adaptación del crecimiento potencial y la resistencia a las enfermedades y a las plagas entre las poblaciones de árboles forestales





Cortes de *Populus trichocarpa* levantados en un vivero para plantaciones de investigación en experimentos sobre el terreno; los álamos son ampliamente utilizados en genómica y transgénesis, pero los estudios de campo básicos a largo plazo son aún necesarios para investigar los niveles naturales de resistencia y adaptación al cambio climático

de conductos de resina o barreras físicas como el espesor de la corteza y las células endurecidas. Sin embargo, el mayor desafío será crear los vínculos apropiados entre los marcadores, las medidas de expresión de genes y las expresiones fenotípicas de la característica en las grandes poblaciones de árboles forestales genealógicos, y luego determinar de qué manera las reacciones o las características de los árboles afectan a las reacciones de la plaga o del agente patógeno.

La función de los árboles transgénicos

La tecnología transgénica puede abordar temporalmente algunos problemas específicos de las plagas, pero aún debe ser considerada sólo un instrumento dentro de los programas de mejora genética bien elaborados. Dado que los árboles se plantan en los paisajes, ahora por las complejidades suplementarias que impondrá el cambio climático, se necesitará un adecuado ensayo sobre el terreno en el espacio y en el tiempo para garantizar que la expresión genética sea estable en diferentes genotipos. Sin embargo, para especies de rotación breve como el álamo, puede ser posible ordenar árboles transgénicos utilizando métodos similares a los que se usan actualmente en los cultivos agrícolas.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los resultados del estudio destacan tres temas. Primero, dado que el «tiempo de reacción» para el desarrollo de opciones genéticas para resistencia a plagas de insectos y enfermedades se ha dado generalmente en el orden de décadas, ¿será este método útil en un mundo con rápidos cambios climáticos? En la opinión de los

autores, probablemente no. Por lo tanto puede ser necesario elaborar estrategias que puedan proporcionar algunas resistencias «preventivas» o generales.

Segundo, dado que puede haber poco o ningún tiempo para saber qué plagas o enfermedades ocasionarán amenazas en el futuro, ¿existen mejores formas o clases «genéricas» de resistencia que pudieran desarrollarse por anticipado contra las diversas clases de insectos o enfermedades? Sería sumamente deseable, si fuese posible, identificar los mecanismos de resistencia que puedan ser más asequibles económicamente y permitan un cambio de acción y un tiempo de desarrollo más breve que en el presente.

Tercero, ¿podrán los mecanismos de resistencia utilizados en la actualidad garantizar alguna protección contra las plagas y enfermedades nuevas o contra las plagas y enfermedades relacionadas con éstas?

Aunque no debería esperarse que un tipo más general de resistencia cruzada sea una característica típica de la mayoría de los mecanismos de resistencia (Panda y Khush, 1995; Riipi *et al.*, 2005), puede ahora ser importante procurar entender el grado de variación presente en las estirpes de genitores arbóreos selectos creando una producción de semillas y poblaciones de material genético. El efecto de la reducción del número de genotipos con los que los investigadores debieran y pueden efectivamente trabajar debe verse moderado por la dificultad de dar cabida a más características (Verry, 2008), en particular si están presentes correlaciones genéticas negativas entre las características de interés. Además, la resistencia no siempre acarrea un coste fisiológico (por ejemplo,

King *et al.*, 1997), por lo tanto sería deseable buscar los mecanismos de resistencia que se correlacionan positivamente con el crecimiento.

Resumiendo, después de cinco décadas de investigación sobre resistencia a las plagas de insectos y a las enfermedades, la mejora genética para la resistencia ha tenido un significativo impacto a nivel local; sin embargo, los éxitos son en gran medida para unos pocos programas principales de orden comercial que han contado con recursos y estructuras significativas que permitieron obtener beneficios.

En el futuro, los organismos de financiación y los investigadores pueden necesitar centrarse en los recursos y en las capacidades de investigación en disminución sobre especies para las cuales son limitadas las opciones silviculturales para mitigar las pérdidas causadas por las plagas de insectos y las enfermedades. La investigación debería concentrarse en los genotipos que ya están en los programas de mejora de árboles forestales o que pudiesen formar la base de un programa.

Se necesitará un mejor alineamiento de los programas de investigación en materia de genética forestal y de salud forestal si los programas tradicionales de mejora forestal van a capitalizar inversiones anteriores sobre resistencia a las plagas de insectos y a las enfermedades y han de contribuir a mitigar los impactos negativos proyectados del cambio climático sobre la productividad y la salud de los bosques. Es probable que esto se vuelva imperativo con las previsiones de riesgos en aumento provocados en el futuro por las plagas y las enfermedades. ♦



Bibliografía

- Andrew, R., Wallis, I., Harwood, C., Henson, M. y Foley, W.** 2007. Heritable variation in the foliar secondary metabolite sideroxylonal in *Eucalyptus* confers cross-resistance to herbivores. *Oecologia*, 153(4): 891–901.
- Aukema, B.H., Carroll, A.L., Zheng, Y., Zhu, J., Raffa, K.F., Moore, D., Stahl, K. y Taylor, S.W.** 2008. Movement and outbreak populations of mountain pine beetle: influences of spatiotemporal patterns and climate. *Ecography*, 31: 348–358.

- Brawner, J.T., Carter, D.R., Huber, D.A. y White, T.L.** 1999. Projected gains in rotation-age volume and value from fusiform rust resistant slash and loblolly pines. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 737–742.
- Byram, T.D., Miller, L.G. y Raley, E.M.** 2006. *Fifty-fourth progress report of the cooperative forest tree improvement program*. College Station, Texas, EE.UU. Texas Forest Service, Texas A&M University.
- Eisen, E.J.** 2008. Can we rescue an endangered species? *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 125: 1–2.
- Ewald, D., Hu, J. y Yang, M.** 2006. Transgenic forest trees in China. En M. Fladung y D. Ewald, eds. *Tree transgenics: recent developments*, pp. 25–45. Berlín y Heidelberg, Alemania, Springer-Verlag.
- FAO.** 2008. *Selection and breeding for insect and disease resistance*. Documento en Internet. Disponible en: www.fao.org/forestry/26445
- Harding, S., Rouland, H. y Wellendorf, H.** 2003. Consistency of resistance by the spruce green aphid in different ontogenetic stages of Sitka spruce. *Agricultural and Forest Entomology*, 5(2): 107.
- Haukioja, E.** 2003. Putting the insect into the birch–insect interaction. *Oecologia*, 136: 161–168.
- King, J.N., Yanchuk, A.D., Kiss, G.K. y Alfaro, R.I.** 1997. Genetic and phenotypic relationships between weevil (*Pissodes strobi*) resistance and height growth in spruce populations of British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 27: 732–739.
- Kinloch, B.B., Sniezko, R.A., Barnes, G.D. y Greathouse, T.E.** 1999. A major gene for resistance to white pine blister rust in western white pine from the western Cascade Range. *Phytopathology*, 89: 861–867.
- Knight, J.** 2003. Crop improvement: a dying breed. *Nature*, 421: 568–570.
- Lovett, G.M., Canham, C.D., Arthur, M.A., Weathers, K.C. y Fitzhugh, R.D.** 2006. Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in eastern North America. *Bioscience*, 56: 395–405.
- Mead, D.J.** 2005. Opportunities for improving plantation productivity – how much? how quickly? how realistic? *Biomass and Bioenergy*, 28: 249–266.
- Millar, C.I., Stephenson, N.L. y Stephens, S.L.** 2007. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17: 2145–2151.
- Morris, M., Edmeades, G. y Pehu, E.** 2006. The need for plant breeding capacity: what roles for the public and private sectors. *HortScience*, 41: 30–39.
- Panda, N. y Khush, G.S.** 1995. *Host plant resistance to insects*. Wallingford, Reino Unido, CAB International.
- Riipi, M., Kause, A., Haukioja, E., Ossipov, V., Ossopova, S. y Pihlaja, K.** 2005. Variable responses of folivorous sawflies to leaf quality of mountain birch. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 189–198.
- Vanhanen, H., Veteli, T.O., Pailvinen, S., Kellomaki, S. y Niemala, P.** 2007. Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study. *Silva Fennica*, 41: 621–638.
- Verry, S.D.** 2008. Breeding for wood quality – a perspective for the future. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 38: 5–13.
- Woods, A., Coates, K.D. y Hamann, A.** 2005. Is an unprecedented *Dothistroma* needle blight epidemic related to climate? *Bioscience*, 55: 761–769. ♦

La adaptación a los efectos del cambio climático en los bosques nacionales de los Estados Unidos de América

G.M. Blate, L.A. Joyce, J.S. Littell, S.G. McNulty, C.I. Millar, S.C. Moser, R.P. Neilson, K. O'Halloran y D.L. Peterson

Una reseña de las opciones de adaptación al cambio climático en los Estados Unidos de América ofrece un conjunto de informaciones prácticas destinadas a los gestores de recursos, y facilita a éstos la adaptación de sus objetivos y prácticas de ordenación forestal a los impactos esperados del cambio climático.

El cambio climático está afectando ya a los bosques y a otros ecosistemas; además, nuevos impactos, potencialmente todavía más graves, son aún de esperar (IPCC, 2007; CCSP, 2008a, 2008b). En consecuencia, los gestores forestales están buscando orientaciones prácticas para adaptar sus proyectos actuales y, en caso necesario, también sus objetivos. Las actuaciones para la adaptación de los sistemas forestales—que, en el contexto de este estudio, son ajustes en materia de gestión (que es preciso diferenciar de la adaptación «natural»)– facilitarían, en condiciones ideales, la reducción de los impactos negativos del cambio climático y permitirían a los gestores sacar provecho de todo impacto positivo.

Este artículo resume los puntos principales de un estudio de opciones de adaptación al cambio climático para los bosques nacionales en los Estados Unidos de América (Joyce *et al.*, 2008) producido bajo los auspicios del Programa de ciencia del cambio climático de los Estados Unidos (CCSP, por su sigla en inglés) (véase el recuadro). El propósito del estudio era ofrecer información práctica sobre opciones potenciales de adaptación destinadas a los gestores de recursos; con este fin se formularon las siguientes preguntas:

- ¿De qué forma afectará el cambio climático a la capacidad del gestor de recursos de lograr sus objetivos de gestión?

El Programa de ciencia del cambio climático y las opciones de adaptación para los bosques nacionales

El Programa de ciencia del cambio climático de los Estados Unidos (véase www.climate-science.gov) persigue mejorar la comprensión de los cambios climáticos terrestres, del papel del ser humano en estos cambios, y de las formas en las que la sociedad puede mitigar el impacto de los cambios y adaptarse a ellos. El programa comprende cinco objetivos estratégicos:

- ampliar el conocimiento del clima pasado y futuro;
- establecer un catálogo de cuantificación mejorado de las fuerzas que determinan los cambios climáticos;
- reducir los factores de incertidumbre en las proyecciones climáticas;
- entender la sensibilidad y capacidad de adaptación de los sistemas humanos así como de los ecosistemas naturales y de los ecosistemas sometidos a ordenación;
- investigar los usos y límites del conocimiento relativo a la gestión de los riesgos y oportunidades en materia de cambio climático.

Para lograr estos objetivos, el Programa encargó la realización de 21 productos de síntesis y evaluación. El producto 4.4, que depende de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, consiste en un examen de las posibles actuaciones de adaptación relacionadas con los ecosistemas y recursos sensibles a los efectos del clima. Partiendo de la constatación de que el éxito de la adaptación depende del contexto en el que ésta se aplique, se ha llevado a cabo, en el ámbito del producto 4.4, un estudio de las opciones relativas a las tierras y aguas gestionadas a nivel federal: parques nacionales, bosques nacionales, refugios piscícolas y de vida silvestre, ríos silvestres y pintorescos, áreas marinas protegidas y estuarios costeros.

Geoffrey M. Blate era miembro del cuerpo docente de la junta rectora de la Asociación Americana de Avance de la Ciencia de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos cuando realizó el trabajo que se documenta en este artículo. Actualmente trabaja en el Programa para el Gran Mekong del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Universidad Chulalongkorn, Bangkok (Tailandia).

L.A. Joyce, S.G. McNulty, C.I. Millar, R.P. Neilson, K. O'Halloran y D.L. Peterson trabajan, respectivamente, en el Servicio Forestal de los Estados Unidos en Fort Collins, Colorado; Raleigh, Carolina del Norte; Albany, California; Corvallis, Oregón; Olympia, Washington; y Seattle, Washington.

J.S. Littell trabaja en el Grupo de Impactos Climáticos del Centro para la Ciencia del Sistema Tierra (CSES), Instituto Conjunto para el Estudio de la Atmósfera y el Océano (JISAO), Universidad de Washington, Seattle, Washington (Estados Unidos de América).

Susanne C. Moser es titular de una empresa consultora y de investigación en Santa Cruz, California e investigadora asociada de la Universidad de California, Santa Cruz (Estados Unidos de América).

- ¿Qué medidas deberá tomar el gestor de recursos al preparar el sistema de gestión para hacer frente a los impactos del cambio climático y, al mismo tiempo, seguir manteniendo los objetivos actuales (sin dejar de evaluar la necesidad de modificarlos o de asignarles una nueva escala de prioridades)?

IMPACTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS OBJETIVOS DE ORDENACIÓN FORESTAL EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Los servicios del ecosistema proporcionados por los bosques nacionales se verán directamente afectados por el cambio climático, que agravará las repercusiones

actuales de los factores de estrés de origen natural o humano. Dentro del ámbito de los bosques nacionales, el cambio climático amplificará los factores de estrés más críticos: incendios de bosque, especies invasivas nativas y no nativas, acontecimientos climatológicos extremos. En los estados del oeste, en particular, la gestión

Impactos del cambio climático en los objetivos de ordenación forestal del Servicio Forestal de los Estados Unidos

Objetivo	Resultado deseado o previsto	Posibles impactos del cambio climático	Opciones de adaptación
Restaurar, sostener y fortalecer los bosques nacionales	Mantener la salud, productividad y diversidad de los bosques, y su resistencia a perturbaciones graves.	Estaciones de crecimiento prolongadas y más cálidas. Regímenes de incendios alterados. Modificaciones en la estacionalidad de los procesos hidrológicos. Fuertes sequías.	Reducir las materias combustibles en los bosques. Recurrir más a menudo a incendios forestales preventivos. Reforzar la estrategia de detección y respuesta temprana asociada con las especies no nativas invasivas.
Suministrar ininterrumpidamente beneficios a la población de país	Mantener un conjunto de múltiples beneficios para satisfacer las necesidades de la sociedad durante un período prolongado, comprendido un suministro fiable de productos forestales, de recursos energéticos y de sistemas de conservación basados en el mercado.	Interacción entre los fenómenos climáticos y los actuales factores de estrés, por ejemplo las plagas de insectos y enfermedades, los incendios de bosque, las antiguas prácticas de ordenación aún en uso y la contaminación atmosférica. Modificaciones en la composición de las especies forestales. Aumento de los fenómenos de erosión que deterioran las cuencas hidrográficas.	Intensificar las acciones destinadas a reducir los actuales agentes de estrés. Incorporar factores relacionados con el cambio climático a largo plazo en la planificación de los incendios de bosque. Poner a punto tratamientos silvícolas destinados a reducir el estrés causado por la sequía. Revisar las orientaciones genéticas en materia de reforestación.
Conservar espacios abiertos	Mantener los beneficios ambientales, sociales y económicos de los bosques; proteger estos recursos e impedir que se destinen a otros usos, y ayudar a propietarios privados y comunidades a manejar sus tierras forestales de forma sostenible.	Muerte regresiva profusa del bosque o conversión en gran escala de tipos de vegetación de resultados de frecuentes acontecimientos climáticos extremos. Alteración del paisaje y de la dinámica de sucesiones. Fragmentación cada vez mayor de los ecosistemas forestales y del hábitat de vida silvestre.	Proporcionar asistencia técnica a los ingenieros forestales urbanos para mantener los árboles que crecen en ciudades. Crear corredores para la migración de las especies y la protección del hábitat.
Sostener y aumentar las oportunidades de esparcimiento al aire libre	Mantener oportunidades de recreación al aire libre de buena calidad, disponibles para el público en los bosques nacionales.	Aumento de la temperatura del aire y de cursos de agua. Reducción de la cubierta de nieve. Alteración de los flujos fluviales.	Evaluar el impacto en las actividades de esparcimiento en el contexto de un clima cambiante. Ampliar las oportunidades de esparcimiento durante las cuatro estaciones del año. Rediseñar carreteras y caminos para hacer frente a la intensificación de las lluvias.
Mantener las capacidades de ordenación básicas del Servicio Forestal	Desarrollar los servicios administrativos, los sistemas de información y las estrategias de gestión de propiedad de la tierra para hacer frente a los graves problemas relacionados con los recursos naturales.	Acceso difícil o carencia de información actualizada sobre las proyecciones climáticas, los impactos del ecosistema y los impactos socioeconómicos en las comunidades locales. Incertidumbre respecto a esta información.	Aumentar los conocimientos técnicos mediante la producción de materiales educacionales destinados a empleados y partes interesadas. Incorporar los factores relacionados con el cambio climático en los procesos de planificación. Reforzar las asociaciones de investigación.
Involucrar a las personas que viven en los núcleos urbanos	Proporcionar un mayor acceso a los beneficios a largo plazo de índole ambiental, social y económica y de otro tipo brindados por el Servicio Forestal.	Exacerbación del estrés resultante del aumento de la temperatura sufrido por los ecosistemas y ocasionado por los ambientes urbanos. El aumento del riesgo de incendios de bosque y sequía en los paisajes circundantes puede comprometer la capacidad de mantener la calidad y la disponibilidad de agua.	Ampliar los programas de educación en materia de conservación e incluir en ellos los asuntos relacionados con el cambio climático. Buscar oportunidades de educar en cambio climático a los visitantes nacionales que acuden a los bosques.
Proporcionar aplicaciones e instrumentos con base científica destinados a la gestión sostenible de los recursos naturales	Asegurar que las decisiones de gestión del Servicio Forestal se cimienten en los mejores conocimientos e instrumentos con base científica disponibles.	Necesidad de disponer de herramientas de ordenación que incorporen consideraciones relacionadas con el cambio climático. Necesidad de revisar las prácticas de ordenación actuales basadas en suposiciones relativas a los ecosistemas y el clima que pueden no tener validez en el futuro.	Establecer relaciones reforzadas entre investigadores y administradores para contribuir a determinar los umbrales de resiliencia de las principales especies y procesos del ecosistema, conocer qué umbrales son susceptibles de ser traspasados, dar prioridad a los proyectos que tienen grandes posibilidades de éxito y detectar las especies y estructuras vegetales tolerantes a los factores de perturbación más intensos.



Mortalidad del bosque subalpino en la Sierra Nevada de California: una de las «sorpresas» que depara el cambio climático y que es ahora necesario anticipar (pino blanco americano, *Pinus albicaulis*)

C. MILLAR

hídrica se hará más complicada debido a la reducción de la cubierta de nieve, el deshielo precoz y una situación hidrológica alterada que se asocia con temperaturas más altas y unas pautas de precipitación cambiantes, y repercutirá en otros servicios del ecosistema brindados por los bosques nacionales (por ejemplo, las oportunidades de esparcimiento durante el invierno). La sequía será más difícil de manejar en todo el país. Aunque la productividad de los bosques—estimulada por unas concentraciones atmosféricas mayores de dióxido de carbono y temperaturas más elevadas— pueda a breve término aumentar en los lugares donde el agua y el nitrógeno no constituyen factores restrictivos, el ozono y otras sustancias contaminantes de origen industrial, en combinación con los múltiples factores climáticos estresantes, harán disminuir muy probablemente la tasa de crecimiento de los árboles y dañarán gravemente las cuencas hidrográficas.

Para lograr los objetivos relativos al mantenimiento de la salud, diversidad y productividad del ecosistema, y satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, el Servicio Forestal de los Estados Unidos ha fijado siete objetivos estratégicos para el período 2007-2012. A causa de los impactos del cambio climático, el logro de estos objetivos tropezará con dificultades más agudas (véase

el cuadro); y como, además, todos ellos están de alguna manera relacionados con la condición actual o ideal del ecosistema, será tarea ardua o quizá imposible mantener dicha condición bajo el futuro régimen del clima. El grado de sensibilidad de cada uno de los objetivos a los efectos del cambio climático dependerá de diversos factores, por ejemplo las características temporales y espaciales del cambio, sus impactos específicos en determinados ecosistemas forestales nacionales, las repercusiones de las actividades del hombre en estos ecosistemas y la posibilidad de que los enfoques de ordenación forestal actuales descansan en unas suposiciones más o menos superadas acerca del clima.

OPCIONES DE ADAPTACIÓN

Para hacer frente a los impactos climáticos que afectarán a los bosques nacionales se pueden adoptar tanto enfoques de reacción como enfoques orientados a la acción. Un enfoque de reacción se podría justificar si la incertidumbre o los costos se consideran muy altos en relación con los impactos o riesgos esperados; o si se obtuvieran ahorros y beneficios significativos cuando se interviene solo después de que ocurra algún fenómeno perturbador (por ejemplo, replantando una zona con especies de árboles más resistentes al fuego o a la sequía tras un incendio o una plaga de insectos causada por sequía).

Los enfoques orientados a la acción—es decir, la incorporación inmediata de opciones de adaptación en los procesos de ordenación y planificación, antes de que los acontecimientos climáticos lleguen a ocasionar alteraciones importantes en el ecosistema—podrían, sin embargo, resultar en muchos casos menos costosos y más rentables cuando se trata de conseguir los objetivos de ordenación forestal presentes. Los elementos esenciales de un enfoque orientado a la acción para la adaptación al cambio climático comprenden:

- la revisión o la determinación y, en caso necesario, la modificación de los objetivos de ordenación forestal;
- la evaluación de las dificultades planteadas por el cambio climático en cuanto al logro de estos objetivos y la ejecución de las actividades programadas con ese fin;
- el seguimiento de las respuestas de los ecosistemas y de la ordenación forestal con el objeto de recabar información en la que cimentar la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo;
- la incorporación de factores de incertidumbre relativos a los impactos específicos del cambio climático en los enfoques de ordenación forestal;
- la creación de una cartera o un conjunto de instrumentos destinados a las estrategias de ordenación forestal.

La irregularidad de las pautas de propiedad de la tierra (semejantes a un tablero de ajedrez), hace necesario intensificar la coordinación entre las partes interesadas a la hora de adoptar enfoques orientados a la acción respecto a la adaptación al cambio climático; por ejemplo, para asegurar la continuidad del paisaje y facilitar la migración de las especies



SERVICIO FORESTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS



Una capa de nieve reducida, asociada con el aumento de la temperatura y unas pautas de precipitación cambiantes, complicará la gestión hídrica; en la cuenca de captación del Tuolumne superior en California —fuente de las aguas municipales de San Francisco—, se observan, ya a principios de junio de 2007 (un año extremadamente seco), unas condiciones climáticas típicas de finales de julio o principios de agosto

Debido sobre todo a que en los Estados Unidos de América y en sus cercanías las pautas de propiedad de los bosques son poco uniformes (véase la figura), el paisaje está muy fragmentado y el 25 por ciento de todas las tierras forestales nacionales han sido asignadas legalmente para otros usos de la tierra con un objetivo limitado de manejo de la vida silvestre o el manejo del patrimonio silvestre y paisajístico-fluvial, este tipo de enfoque precisa de aportaciones numerosas y de una coordinación reforzada entre instituciones y partes interesadas. Conforme el clima continúe registrando cambios y los sistemas ecológicos respondan a tales cambios, será menester evaluar constantemente los nuevos enfoques orientados a la acción; los cambios continuos podrían también hacer indispensable que los objetivos de ordenación forestal se modificasen.

Es oportuno disponer de una cartera de estrategias de ordenación forestal para utilizar el instrumento más apropiado en un determinado contexto de ordenación. No es de esperar que un enfoque de adaptación único pueda funcionar en todos los diversos ecosistemas que encierran los bosques nacionales. La cartera deberá contener opciones de adaptación tanto a corto como a largo plazo, muchas de las cuales consistirán en modificaciones de prácticas de ordenación e instrumentos que el Servicio Forestal ya está utilizando.

Adaptación a corto plazo: creación de capacidad de resistencia y resiliencia ante el cambio climático

Mediante la adaptación a corto plazo se persigue crear capacidad de resistencia y

resiliencia con el objeto de que los recursos naturales puedan soportar más fácilmente los efectos del cambio climático. La intensificación de la resistencia puede ser la única o la mejor opción en el caso de recursos valiosos tales como las plantaciones forestales que han alcanzado casi el término de su período de rotación, o recursos raros tales como los hábitats de especies sensibles (es decir aquellas con un índice de vulnerabilidad de población preocupante) que viven en zonas aún no sujetas a planes de ordenación (Millar, Stephenson y Stephens, 2007). La intensificación de la resistencia de las especies valiosas consiste en limitar su exposición a impactos derivados del cambio climático como la sequía, el fuego y los insectos. Por ejemplo, para minimizar el riesgo de fuegos de copas anómalos, la susceptibilidad a la sequía y los brotes de insectos se suele practicar el raleo a escala de todo el paisaje y los tratamientos de reducción de materias combustibles. Será importante instalar cortafuegos en lugares estratégicos y adoptar otras medidas locales análogas destinadas a interrumpir la continuidad de la masa de desechos forestales en el suelo. La adopción de estas precauciones es especialmente importante en las cercanías de zonas residenciales, cuencas municipales y hábitats críticos para la supervivencia y recuperación de las especies amenazadas o en peligro.

Un sistema dotado de resiliencia es capaz no solo ajustarse a los cambios graduales sino también de volver a su estado anterior tras un fenómeno perturbador (Holling, 1973, 2001). Además de las acciones de adaptación creadoras de resistencia,

las acciones de refuerzo de la resiliencia buscan manejar los procesos de regeneración. Con éstas se persigue incrementar el tamaño de las poblaciones, aumentar el número (o la diversidad) de los sitios dedicados al manejo de poblaciones, especies y hábitats y restaurar las condiciones y procesos esenciales de un ecosistema tras un fenómeno perturbador.

La opción más importante y efectiva de creación de resiliencia en el seno del ecosistema es quizá reducir las fuentes de estrés a las que éste se ve sometido en el momento presente (por ejemplo, la contaminación, las especies no nativas invasivas, la fragmentación del hábitat y las repercusiones debidas a actividades extractivas actuales y pasadas). La intensificación de estas acciones y una mejor coordinación entre órganos de ordenación territorial y propietarios privados de tierras, con el objeto de reducir los focos de estrés, resultaría ya hoy beneficiosa para los ecosistemas y podría, en el futuro, reducir los impactos debidos al cambio climático. Un sistema de respuesta temprana y de detección rápida destinado a las especies invasivas ayudaría por ejemplo al Servicio Forestal a actuar rápidamente ante un problema de dimensiones modestas. Este mismo enfoque se podría aplicar en el caso de otras perturbaciones derivadas del cambio climático que tienen impactos negativos en el ecosistema, tales como las grandes inundaciones o las tempestades de viento, que aceleran la erosión.

Otra opción de adaptación inmediata consiste en examinar los planes de ordenación para encontrar carencias en las medidas encaminadas a hacer frente a los acontecimientos climatológicos extremos (por ejemplo, la sequía, el fuego y las inundaciones) y en gestionar, antes, durante y después de estos fenómenos perturbadores, el uso de aguas, las actividades de esparcimiento y la extracción de madera, forraje y otros recursos naturales. El examen también



D. PETERSON

El raleo a escala de todo el paisaje y los tratamientos de reducción de las materias combustibles representan formas de adaptación a corto plazo que aumentan la resistencia al fuego: un incendio arrasó 70 000 ha en el bosque nacional de Okanogan-Wenatchee en el estado de Washington en 2006, causando una mortalidad del 100 por ciento en un rodal mixto de alta densidad de coníferas (izquierda), mientras que un rodal que había sido raleado y en el que se habían eliminado las materias combustibles mediante fuegos prescritos solo sufrió un chamuscado leve; la mortalidad de la masa principal de este rodal fue mínima (derecha)

podría desvelar cuáles serán los impactos futuros de acontecimientos climáticos más intensos. Los planes de ordenación forestal podrían entonces modificarse en función de las variaciones pronosticadas en los patrones de pluviosidad, el régimen de incendios, la fenología (los tiempos de fenómenos ecológicos como la apertura de las yemas y la llegada de especies migratorias) y las alteraciones en la composición, estructura y procesos del ecosistema. El conocimiento obtenido gracias a este examen podría ayudar a los gestores a diseñar planes para alterar la trayectoria de sucesiones del ecosistema tras un fuego o vientos catastróficos y preparar condiciones biológicas más adecuadas a las condiciones futuras del clima.

Adaptación a largo plazo: gestión del azar cuando el umbral de resiliencia se traspasa

A menos que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan de forma abrupta y rápida (en menos de 20 años), existe la probabilidad de que, a largo plazo (en más de 50 años), el umbral de resiliencia de muchos ecosistemas pueda ser traspasado (IPCC, 2007). Por consiguiente,

se necesita disponer de opciones de adaptación para permitir a los ecosistemas y especies responder, en el tiempo, a los efectos del cambio climático y evitar que tengan lugar transiciones bruscas y espectaculares de una condición del ecosistema a otra (por ejemplo, del bosque a formaciones arbustivas). Se considera fundamental para ello que los paisajes estén conectados unos con otros a fin de no impedir la migración y dispersión de las especies (Halpin, 1997; Holling, 2001; Noss, 2001). Análogamente, cuando el tamaño de las poblaciones se incrementa, se protegen o restauran unas muestras variadas de ecosistema y se promueve el desarrollo de rodales forestales heterogéneos y de edades múltiples, la diversidad biológica registra aumentos en diferentes niveles de organización (desde los genes hasta el paisaje), y por consiguiente también el potencial de adaptación natural aumenta.

La ejecución de algunas de las medidas de adaptación dependerá, en parte, del grado de certidumbre respecto a la trayectoria

del cambio climático. En los casos en los que la certeza sea mínima, será oportuno garantizar que, al plantar árboles nuevos, el material reproductivo contenga una gran diversidad genética. En los casos de certeza mayor respecto a los cambios climáticos pronosticados, conviene secundar los procesos específicos de transición y translocación de gamas de especies adoptando medidas de gestión decididas.

Cuando se llegara a traspasar el umbral de resiliencia y la restauración de las condiciones históricas antecedentes al fenómeno de disturbio resulte ambientalmente problemática, excesivamente costosa o jurídicamente impracticable, la opción preferible será reajustar los graves trastornos del ecosistema a las condiciones climáticas imperantes y a las condiciones pronosticadas. Este es el tipo de acción de adaptación que se eligió en el caso del lago Mono en California; después de que el tribunal hubiese ordenado un procedimiento de mediación entre las partes interesadas, los objetivos de restauración se revisaron

Se necesitan opciones de adaptación a largo plazo para ayudar al ecosistema y a las especies a responder en el tiempo a los efectos del cambio climático; por ejemplo, habida cuenta de los cambios climáticos recientes registrados en el bosque nacional Tahoe en California, se efectúan ahora quemadas prescritas durante los meses invernales; esta nueva práctica contribuirá a reducir el riesgo de que se produzcan incendios catastróficos



G. HUIJES



Bibliografía

para tomar en cuenta los factores de incertidumbre climática presentes y futuros y determinar el nivel más apropiado de las aguas para las condiciones presentes y las pronosticadas (Millar, Stephenson y Stephens, 2007).

CONCLUSIONES

No será tarea fácil hacer frente a cada uno de los impactos ante un clima continuamente cambiante que afecta a la estructura, composición y procesos del ecosistema. Los gestores forestales deberán pues tratar de conseguir resultados realistas. Al respecto, unas relaciones estrechadas entre la investigación y la ordenación forestal ayudarán a:

- detectar los umbrales de resiliencia para las principales especies y procesos del ecosistema;
- determinar qué umbrales serán susceptibles de ser traspasados con mayor probabilidad;
- dar prioridad a los proyectos que tienen mayores posibilidades de éxito;
- determinar qué especies y estructuras vegetales toleran mejor los fenómenos de disturbio intenso.

Las opciones de adaptación y mitigación se consideran cada vez más como un conjunto de estrategias necesarias con las que se consigue minimizar los impactos negativos potenciales y sacar provecho de los eventuales impactos positivos del cambio climático. Sin embargo, las opciones de mitigación pueden tener consecuencias ecológicas desastrosas a nivel local o regional, y las opciones de adaptación pueden causar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Corresponderá, por consiguiente, a los gestores ponderar los compromisos que será menester hacer y encontrar las estrategias con las que es posible conseguir beneficios equilibrados entre la mitigación y la adaptación.

Los gestores deberán asimismo evaluar lo que es posible llevar a cabo y lo que no, cuando los recursos financieros y humanos son limitados. Cualesquiera sean las prioridades, será importante establecer criterios de participación y de adopción de decisiones a través de un proceso de debate y consulta que asegure que todas las preocupaciones de las partes interesadas han sido tomadas debidamente en consideración. ♦

Climate Change Science Program (CCSP).

2008a. *The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity*. Synthesis and Assessment Product 4.3. Washington, DC, EE.UU., Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

CCSP. 2008b. Preliminary review of adaptation

options for climate-sensitive ecosystems and resources. Assessment Product 4.4. Washington, DC, EE.UU., USEPA.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007.

Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.

Halpin, P.N. 1997. Global climate change

and natural-area protection: management responses and research directions. *Ecological Applications*, 7: 828–843.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of

ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1–23.

Holling, C.S. 2001. Understanding the complexity

of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4: 390–405.

Joyce, L.A., Bate, G.M., Littell, J.S., McNulty,

S.G., Millar, C.I., Moser, S.C., Neilson, R.P., O'Halloran, K. y Peterson, D.L. 2008. National forests. En CCSP, ed. *Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources*, pp. 3-1 to 3-127. Washington, DC, EE.UU., USEPA.

Millar, C.I., Stephenson, N.L. y Stephens,

S.L. 2007. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17(8): 2145–2151.

Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: forest

management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology*, 15(3): 578–590. ♦

La función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático

S. Mansourian, A. Belokurov y P.J. Stephenson

En un mundo de clima cambiante, es aún mayor la importancia de las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad y los medios de vida humanos.

La relación entre bosques y cambio climático es compleja. Por una parte, al absorber carbono, los bosques pueden mitigar el cambio climático; mientras que por otra, al sufrir degradación o destrucción, los bosques pueden contribuir al cambio climático. Los cambios climáticos, a su vez, pueden conducir a la degradación o a la pérdida de bosques, los cuales son factores que exacerban el cambio climático.

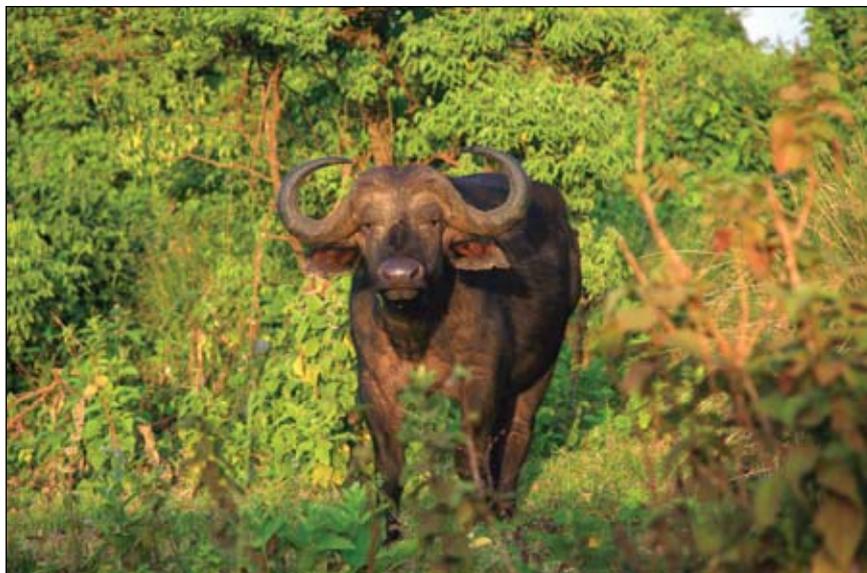
Un área protegida se define como «Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados» (Dudley, 2008). Las áreas forestales protegidas ayudan a la conservación de unos ecosistemas que encierran hábitats y refugios y proporcionan alimento, materias primas, material genético, barreras contra los desastres naturales, fuentes estables de recursos y múltiples otros bienes y servicios; dichas

áreas juegan, por consiguiente, un papel importante en los mecanismos de adaptación al cambio climático de las especies, el ser humano y las naciones. En virtud de su función específica, los bosques protegidos deberían ser mantenidos libres de intervenciones humanas destructivas y seguir representando tanto ahora como en el futuro un almacén natural de bienes y servicios.

El cambio climático constituye en la actualidad una de las principales amenazas emergentes que se ciernen sobre la biodiversidad. A causa del cambio climático, están en peligro de extinción en todo el mundo hasta el 25 por ciento de las especies de mamíferos (unas 1 125 especies) (IPCC, 2002) y alrededor del 20 por ciento de las especies de pájaros (unas 1 800 especies) (IPCC, 2007).

El cambio climático afectará probablemente de muchas formas a las áreas protegidas consagradas a la salvaguarda de la biodiversidad y a los procesos ecológicos. Se pronostica que, de resultados del cambio climático, las especies emigrarán hacia

*En un ambiente de clima cambiante, las áreas protegidas cobrarán mayor importancia como lugares seguros para la biodiversidad, ya que ofrecen hábitats de elevada calidad menos vulnerables a los fenómenos climáticos extremos (búfalo africano, *Syncerus caffer*, especie susceptible a los efectos de la sequía en el área de conservación de Ngorongoro, República Unida de Tanzania)*



A. BELOKUROV/IMAGENATURE

Stephanie Mansourian es Consultora en Gingsins (Suiza).

Alexander Belokurov es Administrador de Conservación de Paisajes, y **Peter J. Stephenson** es Director de Estrategia y Rendimiento de la Conservación, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) Internacional, Gland (Suiza).

zonas de temperatura y precipitaciones que les serán más favorables, y que con mucha probabilidad otras especies competidoras o incluso invasivas mejor adaptadas a las nuevas condiciones del clima se instalarán en los lugares que las primeras habrán abandonado. Estos desplazamientos podrían, en algunas áreas protegidas, determinar hábitats y mosaicos de especies diferentes de los que inicialmente se pretendía proteger. Scott (2005), por ejemplo, encontró que el objetivo declarado del Parque nacional Príncipe Alberto en Saskatchewan (Canadá) de proteger de manera «permanente» la integridad ecológica era irrealista, ya que con arreglo a todas las hipótesis climáticas el bosque boreal y la biodiversidad asociada sufrirán en esa región pérdidas eventuales. Como las especies de plagas manifestarán mayor resistencia o sobrevivirán por períodos más largos y las áreas protegidas serán invadidas por nuevas especies de plagas, el cambio climático provocará brotes de enfermedades. Por ejemplo, Pounds *et al.* (2006) han establecido una relación causal entre la extinción ampliamente anunciada hace ya casi 20 años del sapo arlequín (*Atelopus sp.*) de Monteverde y el sapo dorado (*Bufo perigrinus*) del bosque de Monteverde en Costa Rica y el recalentamiento de los trópicos americanos, fenómeno éste que favorece el desarrollo de un cierto tipo de hongo que infecta a los anfibios. En algunas situaciones, el cambio climático ocasionará probablemente también incendios, e inundaciones en otras (IPCC, 2007).

En muchos casos, los efectos negativos del cambio climático sobre las áreas protegidas se exacerbarán por otros factores estresantes, especialmente de origen humano, tales como el consumo excesivo, la contaminación y la urbanización que roba espacios a las áreas protegidas. La biodiversidad existente en estas últimas, ya vulnerable a las amenazas antrópicas, se verá afectada más rápida o más gravemente por el cambio climático.

Ante la eventualidad de estos y otros cambios, se hace necesario modificar la ordenación de las áreas protegidas para que éstas puedan desempeñar su función de conservadoras de la biodiversidad y apoyar los dispositivos de adaptación al cambio climático.

Este artículo estudia la importancia ecológica, social y económica de las áreas

forestales protegidas, presentando ejemplos de la labor desarrollada en todo el mundo por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) en el contexto del cambio climático. El estudio se concentra en un ámbito espacial amplio y en los paisajes en donde se encuentran las áreas protegidas. Seguidamente se propone un conjunto de respuestas de ordenación y de política que garantizarán que las áreas forestales protegidas seguirán siendo lugares de resguardo de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático.

IMPORTANCIA DE LAS ÁREAS FORESTALES PROTEGIDAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Durante muchos años, las áreas protegidas han sido consideradas como instrumento esencial para la conservación de la biodiversidad. El impacto del cambio climático les confiere ahora una función renovada como instrumento de adaptación frente a un clima cambiante. A este respecto, su importancia es triple:

- al proporcionar a las especies refugio y corredores de migración, las áreas protegidas les ayudan a adaptarse al paulatino del cambio climático y a los fenómenos climáticos repentinos;
- al proteger a las personas de los fenómenos climáticos repentinos, las áreas protegidas reducen su vulnerabilidad frente a las inundaciones, sequías y otros desastres ocasionados por el clima;
- de un modo indirecto, al reducir los costos de los impactos negativos relacionados con el clima, las áreas protegidas permiten a las economías adaptarse al cambio climático.

Función ecológica

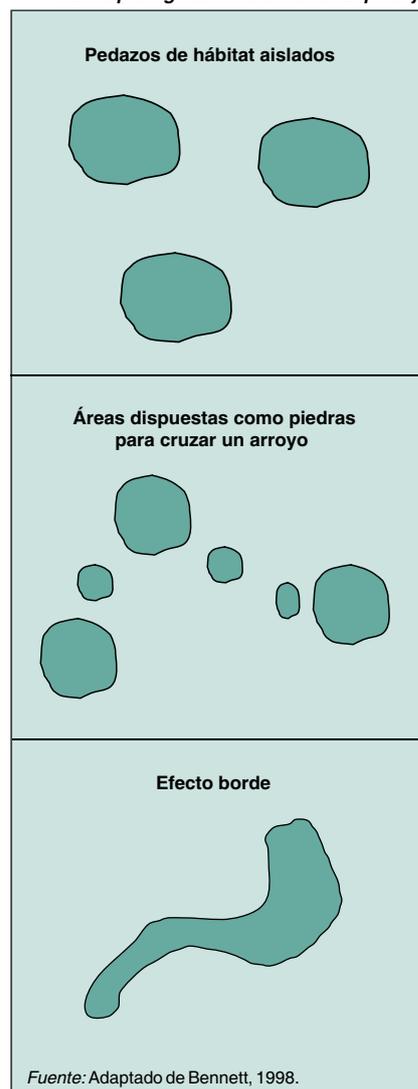
Existen hoy en el mundo más de 100 000 áreas protegidas; y de este número las terrestres protegidas cubren el 12,2 por ciento de la superficie del globo (PNUMA-CMVC, 2008). Las áreas protegidas cuentan entre los instrumentos más eficaces para la protección de las especies contra el riesgo de extinción y las amenazas de origen humano. Sometidas a planificación y ordenación, las áreas protegidas pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad:

- al representar comunidades naturales bien diferenciadas en los paisajes de conservación y en las redes de áreas protegidas;

- al mantener los procesos ecológicos y evolutivos que crean y sostienen la biodiversidad;
- al mantener la viabilidad de las poblaciones de especies;
- al permitir la conservación de bloques de hábitat natural suficientemente extensos y capaces de recuperarse tras episodios de alteración profundos y duraderos (Noss, 1992).

Para la creación de la mayor parte de las áreas protegidas y la determinación de los lugares gracias a los que ha sido posible alcanzar, hasta el momento actual, las metas vinculadas con el hábitat y la representación de las especies, se partió del supuesto de un clima relativamente constante (Hannah *et al.*, 2007). Sin embargo, conforme el clima ha ido sufriendo modificaciones, se ha hecho necesario reconsiderar los planes y postulados acerca de las áreas protegidas (McCarty, 2001). Es preciso ree-

Áreas protegidas en el seno de un paisaje





Como el elefante africano y su hábitat se ven expuestos a amenazas nuevas, el Plan de acción sobre las especies para el elefante africano del WWF incluye evaluaciones de vulnerabilidad climática relacionadas con las poblaciones de elefantes (Parque nacional de Tarangire, República Unida de Tanzania)

valuar cuáles serán las futuras áreas destinadas a las acciones de protección tomando en cuenta diferentes hipótesis relativas al cambio climático; y revisar la red de áreas protegidas actuales a fin de garantizar que se puedan lograr los resultados de conservación esperados y mitigar los impactos negativos del cambio climático.

Ante un clima cambiante, las áreas protegidas cobrarán una importancia aún mayor como zonas seguras que ofrecen a la biodiversidad unos hábitats de buena calidad y menos vulnerables a las condiciones climáticas extremas. Estas áreas constituirán refugios para las especies amenazadas y reservorios de genes de gran valor. También será importante proteger los paisajes de referencia, que son ecosistemas que sirven para planificar las intervenciones y evaluar los resultados de la restauración (Sayer, 2005).

Las redes de áreas protegidas, que forman parte de los grandes paisajes, ayudarán a conseguir el cuarto punto mencionado más arriba, y proporcionarán capacidad de recuperación frente al cambio climático. La adaptación de la biodiversidad a las condiciones cambiantes podrá verse facilitada si el arquitecto paisajista define con exactitud y sabe manejar las conexiones y corredores situados entre las áreas protegi-

das; elimina o impide que se establezcan barreras, tales como carreteras o cultivos monoespecíficos de árboles o monocultivos agrícolas, y dispone las áreas como si fuesen «piedras para cruzar un arroyo» destinadas a determinadas especies (véase la figura).

Para asegurar la supervivencia de las especies prioritarias de plantas y animales que se han elegido con fines de conservación, será necesario obtener nuevas informaciones acerca de:

- su sensibilidad a objetos que producen interrupciones (por ejemplo, carreteras, actividades agrícolas, asentamientos humanos);
- su sensibilidad al efecto borde, es decir la relación entre el perímetro y el área (por lo general, mientras mayor es esa relación, mayor es la sensibilidad de las especies a las perturbaciones que proceden de fuera del perímetro);
- su especialización alimentaria y la disponibilidad de alimentos;
- la calidad del hábitat que requieren (por ejemplo, bosque primario o secundario);
- sus desplazamientos, especialmente en situaciones de estrés;
- sus hábitos migratorios y sus itinerarios;

- su relación con las comunidades humanas locales y con otras especies (Mansourian, 2006).

Estas informaciones pueden entonces superponerse a las hipótesis climáticas pronosticadas, y ello permitirá llevar a cabo las acciones destinadas a salvaguardar la biodiversidad.

Por ejemplo, dadas las amenazas más graves provenientes del cambio climático a que se ha visto expuesto el elefante africano y su hábitat, el Plan de acción para las especies de elefantes africanos del WWF (Stephenson, 2007) incluirá una evaluación de la vulnerabilidad de las poblaciones de estos animales mediante el uso de todos los instrumentos de evaluación disponibles (Hannah, 2003). Los resultados permitirán diseñar y poner en práctica estrategias de adaptación al cambio climático en los paisajes donde el elefante corre riesgos elevados. Se pronostica asimismo que la biodiversidad amazónica, que posee características únicas, se verá fuertemente amenazada por el cambio climático; según todas las hipótesis, hacia 2095 en el noreste del Amazonas específicamente, se registrará una pérdida de viabilidad de muchas especies de plantas (Miles, 2002).

Función social

Las áreas protegidas pueden proporcionar servicios del ecosistema tales como el agua potable, el almacenamiento de carbono y la estabilización de suelos; dichas áreas pueden asimismo contener lugares sagrados para diferentes comunidades religiosas y encerrar importantes reservorios de genes valiosos en el campo de la medicina, la agricultura y la silvicultura. Todas estas funciones adquieren un carácter más crítico cuando se busca intensificar la capacidad de la población local de adaptarse al cambio climático (Simms, 2006).

Las áreas protegidas, que ayudan al mantenimiento de los ecosistemas naturales, contribuyen a la protección física contra las grandes calamidades, cuyo número, según las predicciones, habrá de aumentar a la par con el cambio climático (Scheuren *et al.*, 2007). Aunque las dimensiones de los desastres dependen por lo general de una suma de factores (por ejemplo, la reglamentación en materia de edificación o el uso de la tierra), en muchos casos los impactos podrían ser menores si el ecosistema es objeto de mantenimiento y el bosque está sujeto



Gracias a la protección, se asegura que los manglares costeros funcionen como estructuras de defensa ante los siempre más frecuentes grandes desastres, que, según los pronósticos, se registrarán a la par con el cambio climático (Parque nacional de Sundarbans, Bangladesh)

a medidas de protección. Los manglares costeros, los arrecifes de coral y las llanuras inundables suelen hacer las veces de zonas tampón que defienden tierras, comunidades e infraestructuras contra los peligros naturales. Por ejemplo, durante el tsunami que se registró en el océano Índico en 2004, las dunas de arena costeras recubiertas de vegetación en los parques naturales de Yala y Bundala en Sri Lanka detuvieron por completo el impacto de las olas y protegieron las tierras interiores (Caldecott y Wickremasinghe, 2005). Algunas áreas protegidas también permiten restaurar en forma activa o pasiva las prácticas tradicionales de uso de la tierra tales como la agrosilvicultura o los cultivos en bancales, que mitigan los efectos extremos de los fenómenos meteorológicos en las tierras áridas al reducir el riesgo de erosión y mantener la estructura del suelo (Stolton, Dudley y Randall, 2008).

Además, la ordenación de las áreas protegidas contribuye al empoderamiento de poblaciones o grupos comunitarios marginados. En las áreas protegidas se están poniendo en práctica formas alternativas de gobernanza, tales como la conservación comunitaria o la gestión conjunta, gracias a las cuales es posible reducir los conflictos sobre la tierra o promover el mantenimiento durable con el objeto de ofrecer beneficios a las partes interesadas. Un caso ilustrativo es la iniciativa «Parques con gente» de Bolivia, lanzada en 2005 para comprometer a las comunidades indígenas en la ordenación de las áreas protegidas (Peredo-Videa, 2008).

Función económica

Si el impacto del cambio climático acaba con el hábitat natural de un país, también su economía sufrirá menoscabo. En un

estudio reciente se puso de manifiesto que el producto interno bruto (PIB) de un conjunto de países, encabezado por Viet Nam, podría verse perjudicado por la subida del nivel del mar, la infiltración de aguas salinas y desastres naturales atribuidos al cambio climático. Al proteger el hábitat natural, las áreas protegidas ayudan también indirectamente a proteger la economía nacional.

Además, las áreas protegidas constituyen un medio para aumentar de forma directa los ingresos, principalmente a través del turismo, pero asimismo gracias a los valiosos productos que encierran y a los servicios que proporcionan. La Reserva de la biosfera maya en Guatemala, por ejemplo, es fuente de empleo para más de 7 000 personas y genera ingresos anuales de aproximadamente 47 millones de USD (PCLG, 2002). Un estudio realizado en 41 reservas en Madagascar determinó que el sistema de áreas protegidas producía una tasa de rendimiento económico del 54 por ciento, proveniente en su mayor parte de la protección de cuencas hidrográficas y en menor medida del ecoturismo (Naughton-Treves, Buck Holland y Brandon, 2005). Las áreas protegidas representan pues una red de seguridad que adquiere gran valor en tiempos en que se registran fenómenos ambientales estresantes como los acontecimientos climáticos extremos.

La pérdida de áreas protegida puede ocasionar costos considerables, por ejemplo daños a las infraestructuras y desastres humanos causados por la desertificación o los tsunamis, o menores ingresos turísticos. Además, se estima que la deforestación de los principales bloques forestales, tales como los de la Amazonia, pueda tener repercusiones en las precipitaciones mundiales, que a su vez afectan a la agricultura y por ende a los medios de vida de millones

de personas (Nepstad, 2007). Por consiguiente, las áreas protegidas contribuyen no solo a la protección de la biodiversidad, sino también indirectamente a la seguridad alimentaria mundial.

ORDENACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y LAS RESPUESTAS NORMATIVAS

Al estudiar las futuras acciones de ordenación, los gestores de áreas protegidas y la comunidad conservacionista en general deberán tomar en cuenta los efectos del cambio climático. Esta es la óptica ya adoptada en la planificación por la mayoría de los organismos de conservación. El WWF, por ejemplo, ha emprendido en 2008 una nueva estrategia mundial de conservación (WWF, 2008a) que, además de incluir objetivos relacionados con la biodiversidad, comprende un enfoque centrado en la «huella ecológica» de la humanidad (la demanda de que es objeto la biosfera en términos de superficie de tierras y de mar biológicamente productivos necesarios para producir los recursos consumidos y absorber los desechos generados por la colectividad). El objetivo fundamental es encarar el cambio climático.

Además de considerar las áreas de protección creadas y el número de hectáreas de hábitat protegido amenazadas como indicadores para medir el avance hacia el logro de los objetivos de la conservación, la ordenación de áreas protegidas deberá hacer frente, a la hora de tomar en cuenta el cambio climático, a otros aspectos complementarios que se describen a continuación.

Diseño de áreas protegidas en el seno del paisaje

Se precisa de una red de áreas protegidas correctamente planificada para que las especies presentes en unos pocos fragmentos de hábitat, en número escaso o al límite de su rango de distribución, consigan adaptarse a los cambios relacionados con el clima. Contribuyen a la resiliencia climática de un área protegida y a la libertad de movimiento de las especies el tamaño, la forma y los gradientes de altitud del área de hábitat. En una red de áreas protegidas bien diseñada se debe velar por reducir las barreras y obstáculos entre las distintas áreas. Se deberían incorporar zonas tampón, conexiones, corredores y «piedras de cruce» para facilitar el movimiento de las especies animales a través del paisaje y de



A. BELOKUROV, IMAGENATURE

La pérdida potencial de áreas protegidas puede conducir a una merma de los ingresos, por ejemplo de los que provienen del turismo (Parque nacional Iguazú, en la zona fronteriza entre Brasil y Argentina, uno de los principales destinos turísticos de América del Sur con casi 2 millones de visitantes al año)

un hábitat abundante y de buena calidad, presente en una amplia gama de altitudes, con el objeto de que, en los períodos en que se registran fenómenos estresantes, las especies puedan desplazarse hacia ambientes más propicios dentro de los límites relativamente seguros de un área protegida. En Borneo, por ejemplo, para permitir a las especies desplazarse entre hábitats diferentes, el WWF y sus asociados están tratando de establecer una red de áreas protegidas en un paisaje de una superficie de 240 000 km² con un gradiente de altitud de más de 4 000 m (WWF, 2008b).

Una red de áreas protegidas ampliada

Cuando se persigue mantener una red de ecosistemas representativos, ya no es juicioso dar por sentado que el rango histórico de distribución de una especie seguirá siendo apropiado en su totalidad en un entorno de clima cambiante. Tal y como se ha indicado más arriba, según las futuras hipótesis climáticas muchas de las actuales áreas protegidas ya no podrán desempeñar su función protectora del hábitat de las especies seleccionadas con fines de conservación. Un estudio de modelación realizado en México, en la región sudafricana del Cabo y en Europa occidental indicó que para conseguir la representatividad de las especies ante un incremento moderado

de la temperatura, será necesario disponer de un número importante de nuevas áreas protegidas (Hannah *et al.*, 2007). Al respecto, el Programa de trabajo sobre las áreas protegidas del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 2004) hizo un llamamiento urgente para ampliar la red de áreas protegidas a través del mundo con el fin de garantizar la representatividad durable de los ecosistemas y facilitar la adaptación de las especies al cambio climático. En los años posteriores a ese llamamiento, las áreas protegidas del mundo conocieron una expansión exponencial, pero la dinámica de ampliación debe proseguir.

Ordenación de áreas protegidas en el seno del paisaje

Para la adaptación al cambio del clima una ordenación eficaz es esencial. La ordenación de áreas protegidas con el propósito de asegurar la adaptación puede comprender

En un mundo futuro que sufrirá estrés ocasionado por el cambio climático, la pertinencia de las áreas protegidas como lugares viables dependerá de si las comunidades –tanto las que viven dentro de su perímetro como las que dependen de ellas– puedan satisfacer directamente sus necesidades vitales gracias a dichas áreas (un grupo de mujeres locales produce miel de forma sostenible en una reserva forestal en Zambia)



A. BELOKUROV, IMAGENATURE

la restauración, la selección de hábitats capaces de recuperarse, la ordenación con fines precisos para hacer frente a amenazas anticipadas, tales como los incendios y las plagas, y otras amenazas que es necesario encarar (y que podrían exacerbarse con el cambio climático). En lugares seleccionados dentro de un paisaje más amplio, la restauración jugará un papel importante tanto en el interior de las áreas protegidas mismas como en torno a ellas. El WWF adopta un enfoque de paisajes forestales que persigue restaurar elementos clave con el fin de alcanzar objetivos múltiples –medioambientales, sociales y económicos– y hacer que el paisaje se convierta en una totalidad más funcional (Mansourian, Vallauri y Dudley, 2005). En la cuenca hidrográfica del Danubio inferior en Bulgaria, por ejemplo, el WWF y sus asociados han concentrado sus esfuerzos en la restauración de los bosques de llanuras inundables con el objeto de asegurar que este corredor, importante para los peces en desove así como para las aves nidificantes y migratorias, pueda tolerar el cambio climático (WWF, 2002). Puesto que han sido hábitats antiguos los que han soportado mejor hasta el presente las variaciones climáticas manifestando una mayor resistencia a los cambios futuros, el WWF está también colaborando con las autoridades locales chilenas para proteger el resistente bosque de Valdivia que contiene árboles de más de 3 000 años de edad.

Los planes futuros de ordenación de áreas protegidas deberían también contemplar opciones de almacenamiento de carbono, así como de reducción de las emisiones resultantes de la deforestación y la degradación de los bosques. Las evaluaciones



Bibliografía

periódicas de la ordenación han de ser un asunto prioritario para que las intervenciones puedan ser ajustadas según las necesidades.

Consideraciones socioeconómicas

En un mundo futuro en el que un mayor número de personas se disputará recursos más escasos, y en el que el cambio climático limitará probablemente los medios de vida humanos y la disponibilidad de los recursos, la pertinencia de las áreas protegidas como lugares viables dependerá de si las comunidades –tanto las que viven dentro de su perímetro como las que dependen de ellas– pueden satisfacer directamente sus necesidades vitales gracias a dichas áreas (Borrini-Feyerabend, Kothari y Oviedo, 2004). En la práctica, las áreas protegidas contribuyen menos a las estrategias de vida de cuanto podrían contribuir en teoría. En el futuro, los planes de diseño y ordenación de áreas protegidas deberán concentrarse más en el compromiso de las comunidades locales, en los nexos con el programa de desarrollo nacional y en formas de ordenación alternativas tales como la ordenación por el sector privado o la comunidad. Los planes de gobernanza relativos a las áreas protegidas deberán probablemente ser modificados para que su eficacia sea mayor y para que puedan ser aplicados a la resolución de controversias. Los encargados de la toma de decisiones deberán asegurar que el ambiente jurídico-institucional faculte a las personas para obtener beneficios directos de las áreas protegidas.

CONCLUSIONES

Aunque las hipótesis futuras respecto al cambio climático y sus repercusiones locales siguen siendo inciertas, lo que es seguro es que las áreas protegidas se verán afectadas. Sin embargo, estas áreas también pueden desempeñar una función no desdeñable en cuanto a la adaptación a los efectos del cambio climático. Las formas de mejorar la recuperación y adaptación frente al clima requerirán un enfoque diverso de la planificación, del establecimiento y de la ordenación de áreas protegidas. Más aún, es indispensable reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y velar por que el aumento de la temperatura se contenga dentro de un límite de 2 °C. Si estas condiciones no llegaran a cumplirse, los procedimientos de adaptación serán siempre insuficientes. ♦

- Bennett, A.** 1998. *Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. Gland, Suiza, Unión de Conservación Mundial (ahora Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (UICN).
- Borrini-Feyerabend, G., Kothari, A. y Oviedo, G.** 2004. *Indigenous and local communities and protected areas: towards equity and enhanced conservation*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, UICN.
- Caldecott, J. y Wickremasinghe, W.R.M.S.** 2005. *Sri Lanka: post-tsunami environmental assessment*. Nairobi, Kenya, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).** 2004. *Programme of Work on Protected Areas*. Montreal, Canadá.
- Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D y Yan, J.** 2007. *The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis*, World Bank Policy Research Working Paper 4136. Washington, DC, EE.UU., Banco Mundial.
- Dudley, N., ed.** 2008. *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. Gland, Suiza, UICN.
- Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).** 2002. *Forest landscape restoration: working examples from 5 ecoregions*. Folleto. Gland, Suiza.
- WWF.** 2008a. *WWF Global Programme Framework 2008–2020*. Gland, Suiza.
- WWF.** 2008b. *WWF Heart of Borneo Network Initiative Strategic Plan*. Gland, Suiza.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).** 2002. *Cambio climático y biodiversidad*. H. Gitay, A. Suárez, R.T. Watson y D.J. Dokken, eds. Documento técnico V del IPCC. Ginebra, Suiza y Nairobi, Kenya, Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- IPCC.** 2007. *Climate change 2007 – impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Hannah, L.** 2003. Regional biodiversity impact assessments for climate change: a guide for protected area managers. En L.J. Hansen, J.L. Biringer y J.R. Hoffman, eds. *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*, pp. 235–244. Berlín, Alemania, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).
- Hannah, L., Midgley, G., Andelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R. y Williams, P.** 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3): 131–138.
- Mansourian, S.** 2006. *Joining the dots: species and protected areas – A contribution to the CBD Programme of Work on Protected Areas*. Gland, Suiza, WWF.
- Mansourian, S., Vallauri, D. y Dudley, N., eds.** 2005. *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees*. Nueva York, EE.UU., Springer.
- McCarty, J.P.** 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology*, 15: 320–331.
- Miles, L.J.** 2002. *The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia*. Tesis doctoral, Centre for Biodiversity and Conservation, School of Geography, University of Leeds, Leeds, Reino Unido.
- Naughton-Treves, L., Buck Holland, M. y Brandon, K.** 2005. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environment and Resources*, 30: 219–252.
- Nepstad, D.** 2007. *The Amazon's vicious cycles: drought and fire in the greenhouse*. Gland, Suiza, WWF.
- Noss, R.** 1992. The Wildlands Project: land conservation strategy. *Wild Earth*, Special Issue: 10–25.
- Peredo-Videa, B.** 2008. Climate change, energy and biodiversity conservation in Bolivia – roles, dynamics and policy responses. *Policy Matters*, 16: 163–174.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S.R., Sánchez-Azofeifa, G.A., Still, C.J. y Young, B.E.** 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439: 161–167.
- Poverty and Conservation Learning Group (PCLG).** 2002. *Sustainable harvesting of non timber forest products for the conservation of the biosphere reserve in Guatemala*. Case Study C0035. Londres, Reino Unido, Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (IIMAD). Disponible en: www.povertyandconservation.info/biblio/C0035

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación (PNUMA-CMVC).** 2008. *State of the world's protected areas: an annual review of global conservation progress*. Cambridge, Reino Unido.
- Sayer, J.** 2005. Goals and targets of forest landscape restoration. En S. Mansourian, D. Vallauri y N. Dudley, eds. *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees*, pp. 101–108. Nueva York, EE.UU., Springer.
- Scheuren, J.-M., le Polain de Waroux, O., Below, R., Guha-Sapir, D. y Ponserre, S.** 2007. *Annual disaster statistical review: the numbers and trends 2007*. Bruselas, Bélgica, Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres.
- Scott, D.** 2005. Integrating climate change into Canada's National Parks System. En T. Lovejoy y L. Hannah, eds. *Climate change and biodiversity*, pp. 343–345. New Haven, Connecticut, EE.UU. y Londres, Reino Unido, Yale University Press.
- Simms, A.** 2006. *Up in smoke? Latin America and the Caribbean: the threat from climate change to the environment and human development*. 3rd report, Working Group on Climate Change and Development. Londres, Reino Unido, New Economics Foundation.
- Stephenson, P.J.** 2007. *WWF Species Action Plan: African elephant, 2007–2011*. Gland, Suiza, WWF.
- Stolton, S., Dudley, N. y Randall, J.** 2008. *Natural security: protected areas and hazard mitigation*. Gland, Suiza, WWF. ◆

Aplicando los conocimientos tradicionales para afrontar el cambio climático en las zonas rurales de Ghana

B.A. Gyampoh, S. Amisah, M. Idinoba y J. Nkem

Un estudio de las comunidades rurales de la cuenca del río Offin señala el valor de combinar los conocimientos tradicionales con los conocimientos científicos en las estrategias de adaptación al cambio climático y a la variabilidad.

Después del tsunami de diciembre de 2004 frente a la costa de Indonesia se multiplicaron las necesidades de soluciones de alta tecnología (instalación de un sistema de alerta temprana con la utilización de tecnología satelital de vanguardia y de boyas oceánicas) para evitar acontecimientos similares tan catastróficos. Mientras tanto comenzaron a circular noticias acerca del modo en que las comunidades indígenas habían escapado de la ira del tsunami basándose en los conocimientos tradicionales (véase el recuadro). Ello atrajo la atención sobre la importancia de esta forma de conocimiento para la preparación e intervención en las situaciones de catástrofes naturales.

Los conocimientos tradicionales—la sabiduría, el conocimiento y las prácticas de los pueblos indígenas obtenidos a través del tiempo por medio de la experiencia y transmitidos oralmente de una generación a otra—han desempeñado una función significativa en la solución de problemas, en particular, los problemas relacionados con el cambio y la variabilidad climáticas. Los pueblos indígenas que viven cerca de los

recursos naturales a menudo observan las actividades en su alrededor y son los primeros en identificar y adaptarse a cualquier cambio. La aparición de algunas aves, el apareamiento de algunos animales y la floración de algunas plantas son todas señales importantes de los cambios en el clima y en las estaciones y son bien comprendidas en los sistemas de conocimiento tradicional. Las poblaciones indígenas han utilizado la biodiversidad como un amortiguador contra las variaciones, cambios y catástrofes; en presencia de una plaga, si un cultivo se pierde, otro sobrevivirá (Salick y Byg, 2007). En la adaptación ante el riesgo de lluvias excesivas o escasas, sequías y pérdida de cultivos, algunos pueblos indígenas realizan muchos cultivos diferentes y diversos con diferentes grados de vulnerabilidad a la sequía y a las inundaciones y los complementan cazando, pescando y recogiendo plantas alimentarias silvestres. La diversidad de cultivos y de recursos alimenticios a menudo se combina con una diversidad similar en la ubicación de los campos, como una medida preventiva que, ante condiciones climáticas extremas,

El conocimiento indígena puede salvar vidas humanas

Poco antes de que el tsunami del océano Índico se produjera en 2004, muchas personas fueron atraídas a la costa por el inusual espectáculo de los peces que se agitaban sobre el fondo del mar que, al retirarse, los dejaba expuestos. Pero no fue así para las poblaciones moken y urok lawai de las costas e islas de Tailandia, ni para las ong de las islas Andamán de India, ni para la comunidad simeuleu de Indonesia; todos sabían que debían ir apresuradamente hacia el interior para evitar la fuerza destructiva del mar. Las pequeñas aldeas de Moken y Ong fueron completamente destruidas, pero sus habitantes escaparon ilesos. Más aún sorprendente fue el desplazamiento de más de 80 000 pobladores de Simeuleu hacia zonas donde el tsunami no podía alcanzarlos; sólo murieron siete personas. Esta respuesta sumamente eficaz, asombrosa en contraste con las terribles pérdidas sufridas en otras partes de Indonesia, fue reconocida por el otorgamiento a la población simeuleu del premio Sasakawa de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres.

Fuente: Elias, Rungmanee y Cruz, 2005.

Benjamin A. Gyampoh y **Steve Amisah** trabajan en la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Ciencia y Tecnología Kwame Nkrumah (KNUST), Kumasi (Ghana).

Monica Indinoba trabaja en el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Ouagadougou (Burkina Faso).

Johnson Ndi Nkem trabaja en el CIFOR, Bogor (Indonesia).



El río Offin es la principal fuente de agua para las comunidades de la cuenca del río

garantice la supervivencia para producir cultivos aprovechables.

La adaptación al cambio climático incluye todos los ajustes en el comportamiento o en la estructura económica que reduzcan la vulnerabilidad de la sociedad a los cambios del sistema climático (Smith Ragaland y Pitts, 1996). Si las poblaciones pueden adaptarse, y por cuánto tiempo, depende de los recursos disponibles. África es la región más vulnerable a los efectos negativos del cambio climático al mismo tiempo que presenta una baja capacidad de adaptación. Si bien las personas, especialmente a nivel local, realizan esfuerzos para adaptarse a los cambios que observan.

En África, el recalentamiento, a través del siglo XX, se ha estimado entre 0,26 °C y 0,5 °C por década (Hulme *et al.*, 2001; Malhi y Wright, 2004). Se prevé que esta tendencia continuará y aun aumentará significativamente con efectos negativos concomitantes sobre los medios de subsistencia. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007), una hipótesis de las emisiones medio-alta correspondería a un aumento en la temperatura del aire de entre 3 °C y 4 °C hacia 2080. Ello implica tiempos difíciles en el futuro para las poblaciones locales que dependen directamente de los recursos naturales para su subsistencia y disponen de pocos medios o técnicas para adaptarse a los futuros cambios.

En Ghana, las temperaturas registradas se elevaron aproximadamente 1 °C en los últimos 40 años del siglo XX, si bien las precipitaciones y la escorrentía disminuyeron aproximadamente 20 y 30 por ciento respectivamente (Organismo de Protección Ambiental de Ghana, 2000). Como país que depende principalmente de la agricultura

de secano, Ghana es extremadamente vulnerable a las variaciones y al cambio climático. Sin embargo, a través de los años, los agricultores y otras comunidades que dependen de los recursos naturales del país han hallado diferentes modos de adaptación a estos cambios, basándose en sus prácticas y conocimientos tradicionales.

Este artículo evalúa las estrategias a las que recurrieron las comunidades rurales de la cuenca del río Offin en Ghana para hacer frente al cambio climático y a la variabilidad. Sus opiniones acerca del cambio climático y los relatos acerca de sus medios de adaptación al cambio se recopilaron en 2007 por medio de cuestionarios semiestructurados, deliberaciones en grupos de debate, entrevistas y observaciones de campo en 20 comunidades rurales. Se hicieron preguntas a los miembros de la comunidad de 40 años o más, suponiendo que la población más joven tenía menos experiencia de cambios climáticos y podría hacer menos observaciones pertinentes. Como máximo, se presentaron diez cuestionarios por comunidad.

Por medio de las deliberaciones en los grupos de debate y los cuestionarios se seleccionaron para realizar entrevistas más exhaustivas a las personas que mostraban un apreciable conocimiento de los cambios ambientales que se habían producido a su alrededor. Se trataba principalmente de agricultores locales con experiencia que podían atestiguar cambios destacados en las precipitaciones y la temperatura, y personas ancianas y líderes que participaban en la adopción de decisiones.

EL ENTORNO DE LA CUENCA DEL RÍO OFFIN

La cuenca del río Offin tiene un clima tropical semihúmedo y bosques semica-

ducifolios húmedos. Las comunidades abarcadas en el estudio son comunidades rurales y con predominio de agricultores de subsistencia. Algunos se dedican al cultivo del cacao. La agricultura en esta región, como en la mayor parte de Ghana, depende de las precipitaciones y los períodos de plantación son paralelos a las dos estaciones de lluvia: la principal de abril a julio y la estación menor de septiembre a octubre. La cría de ganado es limitada. La actividad económica es escasa, aunque la mayoría de las personas se dedican al comercio en pequeña escala para aumentar los reducidos ingresos que provienen de la agricultura. Aproximadamente el 90 por ciento de las comunidades tomadas como ejemplo carecen de agua corriente y dependen de los ríos, arroyos y precipitaciones para satisfacer sus necesidades de agua.

EFFECTOS OBSERVADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL OFFIN

La población indígena de la esfera de estudio puede no comprender el concepto de recalentamiento mundial o de cambio climático, pero observa y siente los efectos de la disminución de las precipitaciones, el aumento de la temperatura del aire, la creciente intensidad solar y los cambios estacionales por el ritmo de las precipitaciones. Sus observaciones se ven corroboradas por un estudio que registró una reducción en la pluviometría anual media de 22,2 por ciento y un aumento gradual de la temperatura promedio de 1,3 °C o 4,3 por ciento de 1961 a 2006 (Gyampoh *et al.*, 2007).

En parte, como consecuencia de la pluviometría reducida—agravada por la deforestación y la degradación forestal— las descargas en todas las masas de agua han sido bajas y algunos de los arroyos se han secado completamente (Gyampoh, Indinoba y Amisah, 2008). Los flujos del río Offin han disminuido de 6,9 m³ por segundo en 1957 a 3,8 m³ por segundo en 2006, una reducción del 45 por ciento (Gyampoh *et al.*, 2007). En las estaciones secas de 2006 el flujo era tan bajo que el lecho del río quedó expuesto y algunas de los pozos excavados por las comunidades para garantizar disponibilidad de agua durante todo el año también se secaron, lo cual indicaba una posible reducción del agua freática. La disponibilidad de agua



El río Offin disminuye su caudal dejando expuesto el lecho del río durante el período crítico de la estación seca, determinando así la escasez de agua

se halla en disminución en un momento en que la demanda de agua de la comunidad se ve en aumento por el crecimiento demográfico.

Recientes pérdidas de cultivos en la cuenca, especialmente desde el año 2000, se han atribuido a la baja pluviometría, a la prolongada escasez de lluvia y a los cambios en las pautas pluviométricas. La agricultura de la cuenca se alimenta por agua de lluvia y los agricultores han desarrollado, a través de los años, modos diferentes para poder pronosticar la llegada de la estación pluvial. Las explotaciones agrícolas se limpian y preparan en anticipación a las lluvias para comenzar la campaña agrícola. Sin embargo, en los últimos años, el comienzo de la temporada pluvial se ha vuelto impredecible. En algunos años, las primeras lluvias han llegado en el período habitual, pero les ha seguido un inesperado período de interrupción antes de continuar. Por ello, para los agricultores se ha vuelto difícil planificar que sus campañas agrícolas coincidan con las lluvias de modo de garantizar un máximo de producción agrícola. Además del problema de los tiempos, la prolongada escasez de lluvias generó situaciones de sequía, con poca agua disponible en el suelo para el crecimiento de los cultivos. El resultado ha sido una baja producción agrícola o malas cosechas.

La temperatura en aumento y el intenso sol, junto con los prolongados períodos de escasez de lluvias, causan el marchitamiento de los cultivos. Algunos cultivadores de cacao describieron que sus árboles se marchitaban debido a su exposición a la luz solar intensa y prolongada. Los horticultores afirmaron que las altas temperaturas causaban la maduración prematura de sus

hortalizas, reduciendo de tal modo el valor de venta de su producción.

Cuando las cosechas son malas, el dinero invertido en la preparación de la tierra y en la plantación, así como el ingreso proveniente de la venta de la producción de la explotación agrícola, se pierde y se recurre a los ahorros del hogar para volver a plantar. Las personas pueden soportar las cosechas que ocasionalmente son malas, pero tienen problemas en adaptarse a las cosechas que son constantemente malas.

Las enfermedades relacionadas con el calor y el agua se están volviendo más comunes en la cuenca. La incidencia de la malaria ha aumentado dado que las personas se ven más expuestas a los mosquitos al dormir al aire libre o con las ventanas abiertas por las inusuales temperaturas nocturnas elevadas. Durante los largos períodos de falta de lluvia, los recursos acuíferos se vuelven escasos, se estancan o se contaminan, lo cual aumenta la incidencia de la diarrea y la bilharziasis. Según las personas entrevistadas, el herpes zóster y otras enfermedades de la piel, algunas de las cuales antes eran raras en las comunidades, se han vuelto comunes durante los períodos de altas temperaturas.

ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN TRADICIONALES, Y DESAFÍOS

El estudio reveló una variedad de estrategias de adaptación aplicadas con éxitos diversos, lo cual indica que el conocimiento local tradicional podría proporcionar la base para una formulación más eficaz de las estrategias.

Las personas en las comunidades estudiadas observan que la escasez de agua es la amenaza principal para su supervivencia y han desarrollado varias estrategias para

adaptarse a este fenómeno. Una es la reutilización del agua, por ejemplo, de lavado de ropa o utensilios para regar los huertos y los viveros. Los hogares también racionan el agua, tratando de reducir su utilización por persona por día. Sin embargo, la práctica es abandonada tan pronto como comienzan las lluvias. Esta estrategia necesita formar parte de un cambio de comportamiento y no sólo aplicarse durante los períodos de escasez de agua.

La mayoría de las comunidades están reactivando la captación del agua de lluvia, un modo tradicional de recoger y almacenar el agua de lluvia en grandes toneles ubicados bajo los techos de las casas. Hacía tiempo que esta práctica había sido abandonada cuando las comunidades instalaron pozos y pozos entubados, pero nuevamente volvió a practicarse a raíz de la desecación de los pozos. Sin embargo, la mayoría de las comunidades abarcadas en el estudio informaron que no tienen la capacidad de captar suficiente agua de lluvia en las condiciones climáticas actuales.

Las autoridades locales y tradicionales identificaron el desbroce de la vegetación de orillas como un factor principal que contribuye al aumento de la erosión del suelo y la sedimentación de los ríos y termina por reducir el flujo de los arroyos. Asimismo, están adoptando medidas para remediar la situación. Las medidas incluyen la concienciación de los efectos de la deforestación cerca de las masas de agua, la sensibilización de las comunidades sobre la prevención de los incendios de matorrales, la promoción de la ordenación de los bosques comunitarios y la imposición de multas a todos aquellos que producen indiscriminadamente incendios forestales,

El sol intenso marchita las hojas del cacao por la ausencia de sombra proveniente de los árboles





B.A. GYAMPORH

Los toneles que recogen el agua de lluvia de los techos de las casas son comunes en las familias rurales

desbrozan la vegetación de orillas o violan otras medidas de protección del medio ambiente. Sin embargo, estos esfuerzos de las autoridades tradicionales no están dando resultados significativos porque las comunidades, aunque siguen siendo rurales en lo que se refiere a desarrollo e infraestructura, se han vuelto más cosmopolitas o heterogéneas y ya no observan tanto las reglas impuestas por las autoridades tradicionales como lo hacían en el pasado. La índole comunal de las comunidades se está destruyendo; en la actualidad, las personas tienden a estar más preocupadas por ellas mismas que por el bienestar colectivo.

Tradicionalmente, los tabúes tales como los días de prohibición, cuando se suponía que nadie debía acudir al río a fin de que el espíritu del río o su dios pudieran también tener un día de descanso, proporcionaban un medio de proteger sus masas de aguas. Sin embargo, la obediencia de tales tabúes ha disminuido con la modernización y la creciente heterogeneidad de las comunidades. Con la amplia adopción del cristianismo, las prácticas espirituales tradicionales se ven ahora como una superstición. La religión es una cuestión delicada en estas comunidades y algunas de las leyes tradicionales, aunque eran potencialmente útiles, hoy en día no cuentan con un completo apoyo de la población.

Como se describió anteriormente, los conocimientos indígenas en la agricultura y en la ordenación de las aguas, adquiridos en años de prácticas, antes ayudaron a las comunidades a adaptarse bien a la escasez de agua, las sequías, los cultivos dañados o las pérdidas de cosechas, pero

los métodos tradicionales se han vuelto difíciles de aplicar en los últimos años por los cambiantes regímenes de lluvias. Los agricultores se adaptan a esta restricción plantando cultivos diferentes. Los cultivos que prosperan bien en las condiciones prevalecientes actuales cada vez más se plantan en zonas que anteriormente no toleraban esos cultivos. Un ejemplo es el cambio del cultivo del cacao por cultivos más resistentes a la sequía como la yuca. Los horticultores también se están trasladando a las planicies de los ríos donde sus cultivos pueden recibir más agua. Estas son formas de adaptación, pero no son, obviamente, sostenibles. Los cultivos de cacao, por ejemplo, antes eran una fuente importante de ingresos para el mantenimiento de las familias rurales, para la compra de insumos agrícolas y para la expansión de sus explotaciones agrícolas. El desbroce de la vegetación de orillas y el uso de productos agroquímicos en las cercanías

de los ríos y arroyos crean un peligro para el medio ambiente y, en última instancia, para la población de la región.

La mayoría de los agricultores reconocieron la importancia de disponer de árboles en sus granjas para dar sombra con el fin de proteger sus cultivos del sol. Sin embargo, los árboles en crecimiento no despertaban un gran interés porque los agricultores habían tenido experiencias negativas con empresas madereras (véase el recuadro) y con los trabajadores con motosierras ilegales que pisoteaban sus cultivos. Se necesitan programas de concienciación sostenida para informar a los agricultores sobre sus derechos y para darles la facultad de proteger sus explotaciones agrícolas y, sobre todo, plantar más árboles.

EL CAMINO A SEGUIR

El éxito parcial del uso de los conocimientos tradicionales en la adaptación a los cambios climáticos puede llevar

Adaptarse al cambio climático plantando árboles en las explotaciones agrícolas: superando un factor desalentador

Hasta 2002, todos los árboles de producción maderera en Ghana eran de propiedad del Gobierno en representación del pueblo, y el Gobierno podía otorgar cualquier superficie de tierra en concesión a las empresas madereras. Los cultivos eran destruidos algunas veces por los comerciantes de madera que reclamaban permisos para el aprovechamiento de los árboles que crecían en terrenos en concesión que se hallaban en las tierras agrícolas. Para proteger sus cultivos los agricultores deliberadamente causaban la muerte de los árboles de sus granjas; plantar árboles despertaba en ellos poco interés.

La Ley sobre la ordenación de los recursos madereros (2002, enmendada) garantiza que el derecho de aprovechar árboles y extraer madera de zonas específicas de tierra no será concedido si existen explotaciones agrícolas en la tierra, a menos que se haya obtenido el consentimiento de los propietarios de dichas tierras o si la madera está ya en crecimiento en la tierra bajo la propiedad de cualquier individuo o grupo de individuos. Sin embargo, esta legislación no ha cambiado significativamente la relación entre los comerciantes de madera y los agricultores, porque la mayoría de éstos no pueden demostrar la propiedad de los árboles en sus explotaciones agrícolas (es

decir, demostrar que plantaron los árboles o se ocuparon de ellos hasta su madurez). Los agricultores también tienen la tendencia a estar desinformados acerca de las leyes forestales y carecen de la solidez financiera de los comerciantes de madera. Sin embargo, debido a los esfuerzos de algunas organizaciones no gubernamentales para educar a los agricultores acerca de las leyes forestales y ayudarles a obtener la documentación correspondiente de la propiedad de los árboles plantados, algunos agricultores están comenzando a incorporar árboles en sus tierras agrícolas o a proteger aquellos ya existentes.

Debido a la escasa legislación anterior y a la falta de conciencia de los derechos vigentes, los agricultores algunas veces han causado la muerte de árboles en sus explotaciones agrícolas (por ejemplo, por anelación) para mantener alejadas a las empresas madereras



B.A. GYAMPORH



Bibliografía

a la conclusión de que es deseable una relación saludable entre el conocimiento científico y el tradicional o conocimiento de la población indígena –ambos con sus limitaciones–, especialmente en los países en desarrollo donde la tecnología para el pronóstico y la elaboración de modelos se halla menos desarrollada. Mientras que la mayor parte de los modelos y registros se centran principalmente en las cantidades variables de la precipitación, la población indígena enfatiza también los cambios en la regularidad, longitud, intensidad y periodicidad de las precipitaciones. Si los modelos científicos se incorporan en la toma de conciencia a nivel local o no, depende del estado y la accesibilidad de la ciencia en la cultura y de la influencia de los medios de comunicación (Salick y Byg, 2007)

Para elaborar, ampliar y conducir las medidas de adaptación de la población indígena a las estrategias de adaptación mundial y sacar provecho de ellas, el conocimiento tradicional debería estudiarse con mayor profundidad, apoyarse e integrarse en la investigación científica. Incorporar el conocimiento indígena es menos caro que brindar ayuda a las poblaciones con escasa preparación para afrontar catástrofes y desastres, o que importar medidas de adaptación que normalmente se introducen de «arriba hacia abajo» y cuya implementación se verá dificultada, en particular, por las restricciones financieras e institucionales.

Hay mucho que aprender de los métodos comunitarios y tradicionales de los indígenas sobre su capacidad de intervención en casos de desastres naturales. Las poblaciones indígenas han enfrentado por milenios un medio ambiente cambiante y han desarrollado un amplio conjunto de estrategias de adaptación; sus conocimientos y prácticas tradicionales proporcionan una importante base para enfrentar los aún mayores desafíos del cambio climático. Aunque sus estrategias no siempre tienen éxito, hasta cierto grado son eficaces y por ello las personas siguen adoptándolas. Si bien las comunidades indígenas sin duda necesitan apoyo para adaptarse al cambio climático, también cuentan con conocimientos para ofrecer sobre la adaptación a través de mecanismos tradicionales verificados en el tiempo. ♦

Elias, D., Rungmanee, S. y Cruz, I. 2005. The knowledge that saved the sea gypsies. *A World of Science*, 3(2): 20–23.

Ghana Environmental Protection Agency. 2000. Ghana's initial national communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Accra, Ghana.

Gyampoh, B.A., Idinoba, M. y Amisah, S. 2008. Water scarcity under a changing climate in Ghana: options for livelihoods adaptation. *Development*, 51: 415–417.

Gyampoh, B.A., Idinoba, M., Nkem, J. y Amisah, S. 2007. Adapting watersheds to climate change and variability in West Africa – the case of Offin River basin in Ghana. En *Proceedings, Third International Conference on Climate and Water*, pp. 205–213. Helsinki, Finlandia, Finnish Environment Institute (SYKE).

Hulme, M., Doherty, R.M., Ngara, T., New, M.G. y Lister, D. 2001. African climate change: 1900–2100. *Climate Research*, 17: 145–168.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M.B. Tignor, H.L. Miller Jr. y Z. Chen. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.

Malhi, Y. y Wright, J. 2004. Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B*, 359: 311–329.

Salick, B. y Byg, A., eds. 2007. *Indigenous peoples and climate change*. Oxford, Reino Unido, Tyndall Centre for Climate Change Research.

Smith, J.B., Ragland, S.E. y Pitts, G.J. 1996. A process for evaluating anticipatory adaptation measures for climate change. *Water, Air and Soil Pollution*, 92: 229–238. ♦

Cambio climático y productos forestales no madereros: vulnerabilidad y adaptación en África occidental

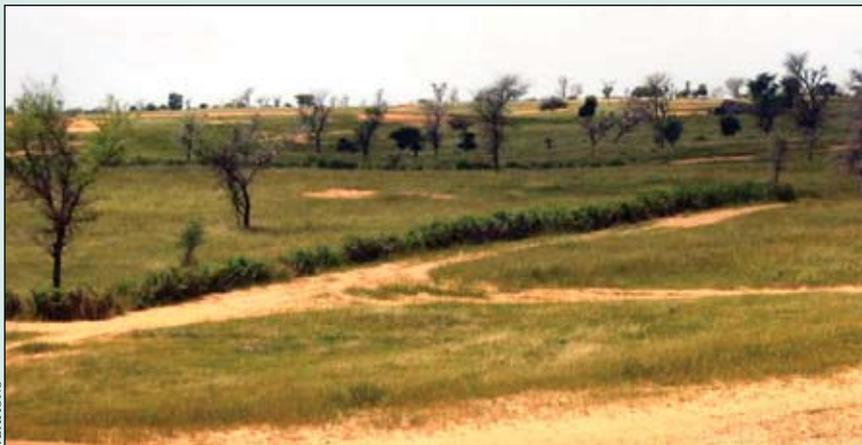
M. Idinoba, F. Kalame,
J. Nkem, D. Blay e
Y. Coulibaly

Monica Idinoba, Fobissie Kalame y Yacouba Coulibaly trabajan en el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Ouagadougou (Burkina Faso).

Johnson Nkem trabaja en el CIFOR en Bogor (Indonesia).

Dominic Blay trabaja en el Instituto de Investigaciones Forestales de Ghana, Kumasi (Ghana).

Reforestación de Euphorbia balsamifera especie de la que se obtienen productos medicinales en Dorí (Burkina Faso)



F. BATIONO

Los ecosistemas forestales de África occidental proporcionan numerosos productos forestales no madereros (PFNM) —alimentos, sustancias medicinales y materiales de construcción— muy valiosos para los medios de vida rurales y las economías nacionales. En años recientes, la subregión ha experimentado simultáneamente sequías extremas (a consecuencia de lluvias menos frecuentes) e inundaciones (a menudo causadas por lluvias esporádicas e intensas cuyos efectos se asocian a los de una cubierta forestal reducida) que han afectado a la capacidad de regeneración natural y la supervivencia de los recursos.

Las investigaciones realizadas por el Proyecto para los bosques tropicales y la adaptación al cambio climático del Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) en algunas comunidades locales del norte de Burkina Faso indican que ha habido una reducción significativa en la distribución y disponibilidad de algunas especies de PFNM y que su productividad es sumamente variable; estos factores se han traducido en una mayor vulnerabilidad de las comunidades que dependen de los bosques. Los cambios registrados se atribuyen al aumento de la temperatura y a patrones cambiantes de pluviosidad, que se combinan con las repercusiones de actividades humanas tales como la deforestación, la expansión agrícola, la sobrecosecha, los incendios anuales de matorrales y el sobrepastoreo.

En localidades como Djomga y Gnalalaye, algunas valiosas especies de árboles de las que se obtienen PFNM (por ejemplo, *Adansonia digitata*, *Diospyros mespiliformis* y *Anogeissus leiocarpus*) se han extinguido. Aunque la extinción de una especie no puede relacionarse por completo con la variabilidad y el cambio del clima, la comunidad local opina que las sequías recurrentes han contribuido considerablemente a las modificaciones en

la composición de las especies. Este punto de vista corresponde a los resultados de investigaciones realizadas por el Programa de acción para la adaptación nacional de Burkina Faso. Aunque el término «cambio climático» no figura en el léxico meteorológico de las comunidades locales, la gente menciona en seguida fenómenos como la disminución de las lluvias, el aumento de la temperatura y diferencias climáticas que se han observado a lo largo de los decenios, y estiman que la pérdida de especies demuestra, a nivel local, los cambios derivados del clima, en especial en la zona saheliana.

Se han adoptado diferentes medidas de adaptación destinadas a reducir la vulnerabilidad mediante prácticas de ordenación forestal y de conservación. Para facilitar la evolución del ecosistema forestal en las condiciones de los cambios climáticos actuales y pronosticados, el programa gubernamental de reforestación y forestación de Burkina Faso se propone establecer zonas ecológicas para especies arbóreas forestales tras el desplazamiento hacia el sur de los patrones de pluviosidad. Para asegurar un suministro constante de PFNM, los agricultores están llevando a cabo labores de protección y conservación en sus tierras agrícolas de determinadas especies de árboles particularmente útiles (por ejemplo, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa* y *Adansonia digitata*). Los institutos de investigación de la región —el Instituto Forestal de Ghana, el Instituto de Medio Ambiente y de Investigación Agrícola y el Centro Nacional de Semillas Forestales de Burkina Faso, y el Departamento Forestal del Instituto de Economía Rural de Malí— han emprendido actividades de mejoramiento de la resistencia y adaptación de especies de árboles útiles a sequías recurrentes y fuegos de matorrales.

Debido a la escasez de recursos financieros, la eficacia de estas medidas tropieza sin embargo con la carencia de un material de plantación mejorado. Por lo demás, la región no dispone aún de un sistema de planificación dinámico en el que participen todas las partes interesadas locales, de distrito y nacionales; y tampoco existe un enfoque forestal de ecosistema que comprenda una vigilancia y evaluación continuas, indispensables para la eficacia de las acciones de adaptación.

Para mayores informaciones acerca de la labor del Proyecto para los bosques tropicales y la adaptación al cambio climático en África occidental, véase: www.cifor.cgiar.org/trofcca/_ref/africa/index.htm

Repercusiones del cambio climático en los bienes y servicios proporcionados por los bosques de montaña de Europa

M. Maroschek, R. Seidl, S. Netherer y M.J. Lexer

Una reseña de las situaciones de probable sensibilidad del ecosistema y sus repercusiones en los productos y servicios forestales, resultantes de los cambios climáticos esperados en los bosques de montaña de Europa, y las posibles opciones de adaptación.

A diferencia de muchas otras regiones montañosas del mundo, las zonas montañosas de Europa tienen una gran densidad de población, y ello determina que las exigencias que gravan sobre el ambiente sean muchas y potencialmente opuestas. Los ecosistemas forestales son elementos clave de la matriz de usos de la tierra de estas zonas y proporcionan a los medios de vida humanos bienes y servicios variados. Sin embargo, el cambio climático anunciado podría hacer peligrar los servicios del ecosistema debido a que los ecosistemas montañosos europeos se encuentran sumamente expuestos.

En los Alpes, por ejemplo, el incremento total observado de la temperatura durante la segunda mitad del siglo XX fue aproximadamente el doble del promedio mundial. Las proyecciones regionales procedentes de los modelos climáticos más avanzados indican que esta tendencia continuará durante el siglo XXI, con un

calentamiento esperado de alrededor de 3,5 a 4 °C en verano y un poco menos en las demás estaciones, entre hoy y el año 2100 (Christensen *et al.*, 2007). Los cambios en los patrones de precipitación y huracanes son aún muy inciertos y se verán influenciados fuertemente por la heterogeneidad de la geomorfología local de los paisajes montañosos. Se presume que en las zonas montañosas de Europa central, los patrones de precipitación se desplazarán determinando condiciones de mayor humedad en invierno y veranos cada vez más secos. Se proyecta que esta tendencia será aún más marcada en el Mediterráneo, donde las francas disminuciones en las precipitaciones durante el período de vegetación se amplificarán por efecto del

Los bosques de montaña proporcionan múltiples bienes y servicios a las comunidades locales, por ejemplo a las del valle de Stubai, en los Alpes centrales (Austria)



Michael Maroschek, Rupert Seidl y Manfred J. Lexer trabajan en el Instituto de Silvicultura, y Sigrid Netherer trabaja en Instituto de Entomología Forestal, Patología y Protección Forestales, todos del Departamento de Ciencias Forestales y del Suelo de la Universidad de Recursos Naturales y Ciencias Aplicadas de la Vida (BOKU), Viena (Austria).

M. MAROSCHEK

recalentamiento hasta en 4 °C para finales del siglo XXI. (Christensen *et al.*, 2007).

En este artículo se estudian las situaciones de sensibilidad del ecosistema, las repercusiones futuras en los bienes y servicios y las posibles opciones de adaptación a los cambios climáticos esperados en los bosques de montaña templados y mediterráneos de Europa. El estudio se centra en las principales cadenas montañosas de estas zonas climáticas –los Alpes, Cárpatos y Pirineos– y abarca diversos tipos (actuales) de bosques, que van desde los perennifolios latifoliados termófilos y los de coníferas secas hasta los alpinos de coníferas y los continentales templados caducifolios. Este trabajo forma parte del reciente estudio a fondo paneuropeo de síntesis sobre el cambio climático y las actividades forestales (Lindner *et al.*, 2008).

SITUACIONES DE SENSIBILIDAD DEL ECOSISTEMA FORESTAL

Los cambios en la temperatura, la disponibilidad de agua y el régimen de perturbaciones conducirán probablemente a modificaciones en la productividad de los ecosistemas forestales, y en particular de aquellos que ya padecen limitaciones debidas bien sea a la temperatura o al agua. Un contenido mayor de CO₂ atmosférico influirá también en la productividad, pero tal efecto aún no es plenamente conocido en las diferentes especies de árboles (Körner *et al.*, 2005).

Unas temperaturas más cálidas y unas condiciones ambientales menos rigurosas ya se han traducido en tasas de crecimiento más altas en las zonas de elevaciones mayores. Este efecto podría intensificarse a causa de la prolongación constante del período de vegetación, que podría asimismo estimular la eclosión temprana de las yemas y a su vez aumentar la susceptibilidad de los árboles a las heladas tardías. Se pronostica no obstante que la tendencia positiva del crecimiento habrá de proseguir, y en especial en los lugares no carentes de agua (Bolli, Rigling y Bugmann, 2007).

En las zonas de baja altitud y en los valles alpinos interiores, los patrones de precipitación cambiantes y las temperaturas en aumento podrían determinar situaciones de estrés ocasionado por la sequía, que podrían reducir la productividad. Este fenómeno ya ha sido observado recientemente, por ejemplo en el valle del Ródano superior en Suiza (Rebetez y Dobbertin, 2004).

Bosque subalpino de *Picea abies* infestado por el barrenillo *Ips typographus* cuyo desarrollo ya se ha visto favorecido por el cambio de la temperatura y el estrés ocasionado por la sequía, condiciones ambientales que aumentan la susceptibilidad de los árboles hospederos (encarte: galerías características de las larvas de *I. typographus*)



R. SEIDL

Al aumentar el estrés por ocasionado por la sequía se exagera también la vulnerabilidad de los bosques montanos a los agentes de perturbación bióticos, y ello tiene consecuencias que van desde una mayor mortalidad de árboles en el rodal hasta efectos drásticos en gran escala cuando los agentes estresantes rebasan la resiliencia del sistema (Raffa *et al.*, 2008).

El clima más cálido y seco acentúa asimismo la propensión de los ecosistemas forestales alpinos a daños abióticos. Los períodos de sequía, especialmente en invierno y primavera, favorecen el estallido de incendios forestales; y se espera que la frecuencia de éstos aumente no solo en los Pirineos, que ya son áridos y han sufrido la influencia del fuego, sino igualmente en los Alpes, donde los incendios de bosque han tenido históricamente una importancia menor (Reinhard, Rebetez y Schlaepfer, 2005; Schumacher y Bugmann, 2006). Aunque la influencia del cambio climático en la frecuencia y gravedad de las tempestades es aún incierta, el incremento del número de tempestades desastrosas en Europa central durante los últimos 20 años (por ejemplo, «Viviane» en 1990, «Lothar» en 1999 y «Kyrill» en 2007) pone de manifiesto una susceptibilidad mayor.

Los daños abióticos son el principal factor que contribuye al riesgo de perturbaciones bióticas, tales como la infestación por defoliadores (por ejemplo, Battisti, 2004) y brotes masivos de especies secundarias que infestan la madera (Nierhaus-Wunderwald y Forster, 2000). Los bosques de abeto rojo (*Picea abies*) de Noruega que han sufrido estrés ocasionado por la sequía o desarraigo por el viento son muy

propensos a ser atacados por los barrenillos del abeto *Ips typographus* y *Pityogenes chalcographus*, que proliferan a causa de las más altas temperaturas estivales e invernales (Wermelinger, 2004). La distribución espacial de las especies de árboles hospederos se extiende más allá de los límites de las zonas térmicas en donde se encuentran los barrenillos, pero con el auge de condiciones climáticas que favorecen la aparición de los insectos es posible que se registren brotes de barrenillos en los bosques de coníferas situados en zonas de altitud más elevada (Seidl *et al.*, 2009).

Aunque el desarrollo de muchos organismos poiquilotérmicos (organismos cuya temperatura corporal varía en consonancia con la temperatura que los rodea, como es el caso de los insectos) manifiesta una correlación positiva respecto al aumento de la temperatura, es posible también esperar efectos negativos para determinadas especies de plagas. Las más altas temperaturas invernales pueden ser perjudiciales para la inhibición o el mantenimiento de la diapausa (un estado de latencia que permite a los artrópodos sobrevivir en condiciones desfavorables), aumentar los índices de mortalidad durante la etapa de hibernación o impedir el sincronismo entre hospederos y herbívoros (Bale *et al.*, 2002; Battisti, 2004). En Suiza, por ejemplo, las densidades de población máximas, y por tanto la incidencia e intensidad de las plagas graves de mosca de las yemas del alerce, *Zeiraphera diniana* (un defoliador cíclico de los rodales de alerce alpinos interiores), han disminuido a lo largo de los últimos 30 años en concomitancia con la tendencia al recalentamiento climático debido proba-

blemente a una mayor mortalidad de los huevos y larvas (Esper *et al.*, 2007).

Los estudios de simulación han indicado por lo general que los nichos de las especies arbóreas forestales son muy sensibles al cambio climático; en consecuencia, la distribución y composición de las especies puede sufrir alteraciones. En los Alpes y Cárpatos se espera que el área potencial ocupada por las especies latifoliadas aumente en relación con la de las coníferas (Lexer *et al.*, 2002; Skvarenina, Krizova y Tomlain, 2004). En los montes Montseny, en España, por ejemplo, las zonas de distribución de *Quercus ilex* y *Fagus sylvatica* ya se han desplazado hacia altitudes mayores en las últimas décadas (Peñuelas *et al.*, 2007). La línea del bosque también se alzarán en los lugares en los se creen micrositios debido a la disminución de la mortalidad de árboles y a mayores procesos de crecimiento y reproducción en lugares en los que la temperatura es actualmente un factor de contención. Se ha observado que en los Alpes las líneas del bosque con *Picea abies* y *Pinus cembra* dominantes ya se han alzado en años recientes. Sin embargo, las líneas del bosque son sensibles no solo a los cambios climáticos sino también al cambio de uso de la tierra, ya que éste puede o bien compensar o amplificar los efectos del clima (Gehrig-Fasel, Guisan y Zimmermann, 2007).

REPERCUSIONES POTENCIALES EN LOS BIENES Y SERVICIOS FORESTALES

Las repercusiones en los bienes y servicios proporcionados por los bosques de montaña, derivadas de las situaciones de sensibilidad del ecosistema forestal descritas más arriba, podrán ser considerables. En especial en los rodales de coníferas en los Alpes y Cárpatos (Seidl *et al.*, 2009), la producción de madera sufrirá alteraciones debidas no solo a cambios en la productividad sino a posibles pérdidas resultantes de perturbaciones abióticas y bióticas. Sin embargo, el cambio climático tendrá como efecto ampliar la cartera silvícola en muchos ecosistemas forestales montanos y restará severidad a factores ecofisiológicos que imponen limitaciones a muchas especies de latifoliadas.

El servicio de secuestro de carbono se relaciona en parte con los cambios en la productividad. Se espera que los Alpes sigan desempeñando una función de sumidero de carbono a lo largo aproximadamente de la primera mitad de este siglo. Posteriormente, una mayor tasa de respiración y perturbaciones más frecuentes podrían determinar una merma en la capacidad de absorción del sumidero, pudiendo los bosques acabar incluso siendo fuente de carbono atmosférico. Será, en última instancia,

el contexto socioeconómico –incluida la demanda de biomasa forestal, el precio de mercado del secuestro de carbono y el cambio en el uso de la tierra– lo que determinará si los bosques de montaña europeos seguirán o no siendo sumideros de carbono (Zierl y Bugmann, 2007).

La provisión de agua potable cuenta como un servicio forestal importante tanto para las regiones montañas como para las zonas metropolitanas adyacentes. Las grandes perturbaciones podrían hacer aumentar la escorrentía y por consiguiente reducir el agua que se almacena en las cuencas de captación; este trastorno podría comprometer la seguridad hídrica, acrecentar la erosión del suelo e intensificar las inundaciones y el deslizamiento en masa. Además, la descomposición acelerada de la materia orgánica, resultante de la rotura de la espesura (ocasionada por las perturbaciones) y el alza de la temperatura podrían estimular la lixiviación de nitratos y otros nutrientes y desmejorar la calidad del agua (Jandl *et al.*, 2008). El balance hídrico podría verse amenazado en algunas regiones alpinas interiores debido a que el cambio climático impulsa la contracción de los glaciares. Unos glaciares que se retiran ya no conseguirán equilibrar las descargas de los ríos durante los meses de verano calurosos y secos, y ello reducirá la disponibilidad de agua (Zappa y Kan, 2007).

Un importante servicio proporcionado por el ecosistema en zonas de montaña densamente pobladas es la protección contra situaciones de emergencia tales como inundaciones, deslizamientos en masa, corrimientos de tierras, caída de rocas y avalanchas. Los impactos netos del cambio climático en esta función del bosque serán el resultado de los efectos combinados en la dinámica del bosque y en la magnitud y frecuencia de los mencionados fenómenos. En términos generales, el aumento de fenómenos perturbadores como la infestación de la madera, el desarraigo por el viento y el fuego tendrá repercusiones negativas manifiestas en la función protectora del bosque (Schumacher y Bugmann, 2006). En cambio, una línea del bosque más alta podrá ofrecer protección contra las calamidades al favorecer la estabilización de las masas erosionables, reducir la amplitud de las zonas donde se originan las avalanchas, contener la escorrentía ya que la intercepción y el consumo de agua son mayores, y estabilizar el suelo porque el



Los bosques protectores defienden la aldea austriaca de Hallstatt en los Alpes Calcáreos septentrionales contra el desprendimiento de rocas, las avalanchas y los deslizamientos en masa, fenómenos que podrían intensificarse si el bosque padeciese perturbaciones más intensas debidas al cambio climático



La línea del bosque dominada por Picea abies en el monte austriaco de Speikkogel es muy sensible a los cambios climáticos; una línea situada a una altura superior podría dar mayor estabilidad al bosque y permitiría a éste ofrecer una protección mejor en caso de peligros naturales, pero podría también alterar la biodiversidad

enraizamiento de los árboles es más profundo e intenso.

Una línea del bosque más alta puede también repercutir en la conservación de la biodiversidad. El desplazamiento en altura de las comunidades forestales y arbustivas subalpinas, por ejemplo el cinturón del *Pinus mugo* en los Alpes (Theurillat *et al.*, 1998), puede ejercer una influencia perjudicial en la fitodiversidad de las especies en las zonas alpinas y nivales. En cambio, en los bosques sujetos a intervenciones de ordenación, que condicionan fuertemente el perfil de la biodiversidad, la competencia creciente entre comunidades forestales con predominancia de especies caducifolias en zonas de altitud más elevada podría promover la biodiversidad general.

PERSPECTIVAS: NECESIDADES Y OPCIONES RELACIONADAS CON LA ADAPTACIÓN

En muchos ecosistemas forestales montañosos europeos será necesario adoptar medidas de adaptación para contrarrestar el impacto del cambio climático y preservar los bienes y servicios proporcionados por los bosques. Para poner en práctica estas medidas será indispensable tomar en consideración las condiciones biofísicas y socioeconómicas locales. Por consiguiente, solo se discute aquí un conjunto amplio de opciones generales destinadas a adaptar la ordenación forestal al cambio climático.

Es muy importante elegir un material reproductivo forestal apropiado (proveniencias y genotipos) y especies que puedan adaptarse a las condiciones que se pronostica prevale-

cerán en el futuro. Será posible mitigar los efectos de la sequía si los rodales se establecen con un espaciado mayor y si los planes de cuidados culturales y de raleo se ajustan a las necesidades (Spiecker, 2003). En una época de regímenes de disturbio cambiantes, es menester poner en ejecución acciones de protección forestal preventivas (por ejemplo, vigilancia de plagas) y correctivas (por ejemplo, cortas de saneamiento, control de plagas) con el objeto de reducir al mínimo los efectos adversos de las perturbaciones en la provisión de bienes y servicios forestales. Una cubierta forestal continua es importante para mantener la función protectora del bosque; y para garantizar la máxima estabilidad de los rodales e intensificar la regeneración es necesario que la cubierta sea objeto de cuidados culturales y de raleo. Además, un dosel bien estructurado y libre de interrupciones favorece el suministro de agua potable. Una infraestructura forestal mejorada (por ejemplo, gracias a la planificación de una red de carreteras) ayudará a la puesta en ejecución de estas medidas en los terrenos alpinos complejos. Asimismo, cuando se reduce la presión ejercida por otros factores, tales como el ramoneo de rumiantes y la deposición de sustancias contaminantes en los ecosistemas de montaña, se favorece la adopción de medidas de adaptación alternativas en materia de ordenación. En general, en las regiones montañosas de Europa es necesario poner en práctica una ordenación medioambiental integrada, y en especial en aquellas donde el cambio de uso de la tierra (por ejemplo, el abandono de las pasturas alpinas altas) haya alterado profundamente la estructura del paisaje.

La eficacia de las medidas de adaptación depende mucho de la disponibilidad de recursos humanos y de los conocimientos técnicos. Sin embargo, la base de conocimientos sobre los bosques de montaña europeos presenta aspectos de asimetría en cuanto a

temas y lugares: las investigaciones llevadas a cabo en los Alpes, por ejemplo, han sido más numerosas que las que han tenido por objeto los Cárpatos o los Pirineos. El servicio forestal más profusamente estudiado ha sido la producción de madera; en cambio, pocas monografías han tratado directamente el impacto del cambio climático en un suministro de agua potable de buena calidad, el esparcimiento y los productos forestales no madereros. Los resultados de una ordenación adaptativa dependerán de la medida en que se colmen los grandes vacíos que existen aún en la comprensión del impacto del cambio climático en los bosques de montaña que cumplen propósitos múltiples.

La investigación debe concentrarse con urgencia en las estrategias de adaptación. Un mecanismo de aplicación de decisiones racionales y la participación de las partes interesadas pueden ayudar en esta tarea así como en la de transferir los frutos de la investigación a los procedimientos prácticos de adaptación. Se hace pues un llamamiento a investigadores, responsables del diseño de políticas y profesionales para que conjuntamente creen la capacidad necesaria para hacer frente a los retos que plantea la ordenación sostenible de los bosques de montaña en las condiciones de un clima cambiante. ♦



Bibliografía

Bale, J.S., Masters, G.J., Hodkinson, I.D., Awmack, C., Bezemer, T.M., Brown, V.K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J.C., Farrar, J., Good, J.E.G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T.H., Lindroth, R.L., Press, M.C., Symrnioudis, I., Watt, A.D. y Whittaker, J.B. 2002. Herbivory in global

- climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8: 1–16.
- Battisti, A.** 2004. Forests and climate change – lessons from insects. *Forest*, 1(1): 17–24.
- Bolli, J.C., Rigling, A. y Bugmann, H.** 2007. The influence of changes in climate and land-use on regeneration dynamics of Norway spruce at the treeline in the Swiss Alps. *Silva Fennica*, 41(1): 55–70.
- Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioic, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. y Whetton, P.** 2007. Regional climate projections. In *Climate change 2007: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., Cambridge University Press.
- Esper, J., Büntgen, U., Frank, D.C., Nievergelt, D. y Liebhold, A.** 2007. 1200 years of regular outbreaks in alpine insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274: 671–679.
- Gehrig-Fasel, J., Guisan, A. y Zimmermann, N.E.** 2007. Tree line shifts in the Swiss Alps: Climate change or land abandonment? *Journal of Vegetation Science*, 18(4): 571–582.
- Jandl, R., Herman, F., Smidt, S., Butterbach-Bahl, K., Englisch, M., Katzensteiner, K., Lexer, M., Strebl, F. y Zechmeister-Boltenstern, S.** 2008. Nitrogen dynamics of a mountain forest on dolomitic limestone – a scenario-based risk assessment. *Environmental Pollution*, 155: 512–516.
- Körner, C., Asshoff, R., Bignucolo, O., Hättenschwiler, S., Keel, S.G., Peláez-Riedl, S., Pepin, S., Siegwolf, R.T.W. y Zotz, G.** 2005. Carbon flux and growth in mature deciduous forest trees exposed to elevated CO₂. *Science*, 309: 1360–1362.
- Lexer, M.J., Hönninger, K., Scheffinger, H., Matulla, C., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F. y Englisch, M.** 2002. The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: a large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *Forest Ecology and Management*, 162(1): 53–72.
- Lindner, M., Garcia-Gonzalo, J., Kolström, M., Geen, T., Reguera, R., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M.J., Netherer, S., Schopf, A., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M., y Corona, P.** 2008. *Impacts of climate change on European forests and options for adaptation*. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. AGRI-2007-G4-06. Bruselas, Bélgica.
- Nierhaus-Wunderwald, D. y Forster, B.** 2000. *Rindenbrütende Käfer an Föhren*. Merkblatt für die Praxis No. 31. Birmensdorf, Suiza, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL).
- Peñuelas, J., Ogaya, R., Boada, M. y Jump, A.S.** 2007. Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). *Ecography*, 30(6): 829–837.
- Raffa, K.F., Aukema, B.H., Bentz, B.J., Carroll, A.L., Hicke, J.A., Turner, M.G. y Romme, W.H.** 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *BioScience*, 58(6): 501–517.
- Rebetz, M. y Dobbertin, M.** 2004. Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(1–2): 1–9.
- Reinhard, M., Rebetz, M. y Schlaepfer, R.** 2005. Recent climate change: rethinking drought in the context of forest fire research in Ticino, south of Switzerland. *Theoretical and Applied Climatology*, 82(1–2): 17–25.
- Schumacher, S. y Bugmann, H.** 2006. The relative importance of climatic effects, wildfires and management for future forest landscape dynamics in the Swiss Alps. *Global Change Biology*, 12: 1435–1450.
- Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Lindner, M. y Lexer, M.J.** 2009. Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. *Regional Environmental Change*. (En prensa; disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-008-0068-2>)
- Skvarenina, J., Krizova, E. y Tomlain, J.** 2004. Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation stages in Slovakia. *Ekologia Bratislava*, 23(Suppl. 2): 13–29.
- Spiecker, H.** 2003. Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe – temperate zone. *Journal of Environmental Management*, 67(1): 55–65.
- Theurillat, J.-P., Felber, F., Geissler, P., Gobat, J.-M., Fierz, M., Fischlin, A., Küpfer, P., Schüssel, A., Velluti, C., Zaho, G.-F. y Williams, J.** 1998. Sensitivity of plant and soil ecosystems of the Alps to climate change. En P. Cebon, U. Dahinden, H.C. Davies, D. Imboden y C.C. Jaeger, eds. *Views from the Alps: regional perspectives on climate change*, pp. 225–308. Cambridge, Massachusetts, EE.UU., MIT Press.
- Wermelinger, B.** 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202: 67–82.
- Zappa, M. y Kan, C.** 2007. Extreme heat and runoff extremes in the Swiss Alps. *Natural Hazards and Earth System Science*, 7(3): 375–389.
- Zierl, B. y Bugmann, H.** 2007. Sensitivity of carbon cycling in the European Alps to changes of climate and land cover. *Climatic Change*, 85(1–2): 195–212. ♦



ACTIVIDADES FORESTALES DE LA FAO

Alfred John Leslie (1921–2009)

Alfred (Alf) John Leslie, ex Director de la Subdirección de Industrias Madereras de la FAO, falleció en paz el 24 de enero de 2009 en Te Awamutu (Nueva Zelanda) poco antes de cumplir 88 años de edad. Alf Leslie será echado muchísimo de menos.

Por su dinamismo, energía sin límites y capacidad motivadora y sus ponderados consejos, que recibían alta consideración, Alf Leslie era una figura símbolo para los especialistas forestales. Exigía que los debates se instaurasen en fundamentos sólidos, y que las decisiones tomadas así como los resultados alcanzados no dejaran de ejercer influencia en el sector forestal por muchas décadas, tanto en Oceanía como en el resto del mundo. Alf se exigía mucho a sí mismo, y a los demás alentaba a



adoptar una conducta semejante al aplicar los conocimientos, cuestionar las normas establecidas, e infundir ideas en otras personas y, ante todo, a ser responsables de sus propias decisiones y actos.

Alf nació en Melbourne (Australia) en 1921. Después de completar sus estudios secundarios, fue contratado por la Comisión Forestal de Victoria para realizar estudios remunerados en la Escuela Forestal de Creswick (Victoria) (1938-1940). Prestó servicio activo en la Marina Real Australiana durante la segunda guerra mundial. Tras recuperarse de las heridas sufridas en la guerra, la Comisión Forestal de Victoria le asignó un cargo en Taggerty, antes de que obtuviese, en 1949, su licenciatura en ingeniería forestal por la Universidad de Melbourne. En 1948 contrajo matrimonio con Jean.

Alf trabajó como ingeniero forestal para la Comisión Forestal de Victoria (1949-1951) y posteriormente como encargado del sector de la madera y como forestal jefe para Australian Paper Mills (1951-1958) en Victoria (Australia), ganando un sólido conocimiento de las labores sobre el terreno, particularmente en silvicultura de plantación.

La carrera internacional de Alf Leslie comenzó cuando fue contratado por la FAO para ocupar el cargo de profesor de conferencias en la Universidad de Ibadan (Nigeria) (1964-1966). Tras regresar a Australia por un breve período y trabajar en el Instituto de Investigaciones Forestales de Canberra (1966-1968), Alf prosiguió su labor internacional como Economista forestal en la Sede de la FAO en Roma (1968-1974). Posteriormente, volvió a Roma para ocupar el cargo de Director de la Subdirección de Industrias Madereras (1977-1981) y desarrollar una labor destacada antes jubilarse y establecerse, primero en Australia, y finalmente en Nueva Zelanda. Con energía inquebrantable siguió escribiendo artículos y realizando consultorías para la FAO y para la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) hasta 2008.

Alf fue un ensayista fecundo dotado de una capacidad superior de comunicar sus conocimientos; muchas de sus obras se han convertido en clásicos de la especialidad. Gustaba de desafiar a los intelectos jóvenes e inspirar sus ideas. Fue docente de la Universidad de Melbourne, Victoria (Australia) (1958-1964) al tiempo que completaba sus estudios de maestría en ingeniería forestal. Fue profesor adjunto de la Universidad de Canterbury, Christchurch (Nueva Zelanda) entre 1974

y 1976, y profesor invitado de la Universidad de Oxford (Reino Unido) y de la Universidad Nacional Australiana. Durante esos años, fue director de tesis de doctorado en repetidas ocasiones. En reconocimiento por sus servicios forestales internacionales, la Universidad de Melbourne le otorgó un doctorado honorario en ciencia forestal en 1994.

En 2001, recibió la Medalla Regional de la Asociación Forestal del Commonwealth por su contribución a la silvicultura en todo el mundo. Además, en 2007, el Consejo de Ingeniería Forestal le otorgó el Premio Internacional de Ingeniería Forestal. Alf fue también Presidente de la Unión Internacional de Sociedades de Ingenieros Forestales.

Alf desafió las opiniones convencionales, y en una época en la que la mayor parte de los forestales se preocupaba de la manera como llevar a cabo las actividades forestales, a él le interesaba más saber los motivos que las inspiraban. Respetaba profundamente la labor de sus predecesores y pensaba que los forestales estarían mejor preparados para hacer frente al futuro si comprendieran más cabalmente el pasado. Era un hombre de intereses amplios, pero lamentaba el afán de especialización cada vez mayor de la sociedad moderna.

Cuando yo era forestal joven, tuve el privilegio de escuchar el discurso de apertura que Alf pronunció tras la alocución del Primer Ministro de Nueva Zelanda en la Conferencia del Instituto de Ingenieros Forestales de Australia y Nueva Zelanda en 1980. El tema era el futuro de la silvicultura de plantación en Nueva Zelanda. Alf comenzó formulando las siguientes preguntas: «El futuro, ¿pero según quién? ¿El gobierno? ¿El Servicio Forestal? ¿El sector privado? ¿Los ambientalistas? ¿O el público?» Sus palabras estimularon los debates no solo en aquella época, sino a lo largo de las décadas siguientes durante la reforma del sector forestal de Nueva Zelanda, la venta de los bienes estatales al sector privado y la segregación del patrimonio de protección y producción forestal.

Alf Leslie inculcó ideas fructuosas y retadoras en las mentes de los forestales jóvenes. Constituye pues un homenaje apropiado la iniciativa tomada por su familia y sus colegas en todo el mundo de hacer aportaciones al fondo en memoria de Alf Leslie con el objeto de establecer una arboleda en la Escuela Forestal de Creswick, Victoria (Australia), la cual será de utilidad por mucho tiempo para el aprendizaje de los forestales jóvenes. Quienes lo deseen, pueden realizar una donación a la siguiente cuenta bancaria:

Titular de la cuenta: LJ Leslie, Alf Leslie Memorial Fund

Cuenta N° 03-0442-0231527-001

Código SWIFT: WPACNZ2W

Nombre del banco: Westpac Bank

Dirección del banco: 98 Alexandra Street, Te Awamutu, 3800, Nueva Zelanda

Jim Carle

Jefe del Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales de la FAO



Reunión bienal de forestales latinoamericanos y caribeños

La Comisión Forestal para América Latina y el Caribe (COFLAC) celebró su 25ª reunión del 29 de septiembre al 3 de octubre de 2008 en Quito (Ecuador).

El tema principal de la reunión fueron los bosques y el cambio climático. La comisión reconoció que el cambio climático ofrece la oportunidad de demostrar a la sociedad la importancia de los bosques, pero subrayó que es esencial que el sector forestal proporcione una información fiable que permita llevar a cabo debates fructuosos sobre el tema, e hizo notar que la mayor parte de la información sobre cambio climático proveniente de fuentes no pertenecientes al sector forestal suele crear confusión y suposiciones erradas acerca de la respuesta de los bosques al cambio climático. Muchos de los delegados convinieron en que era preciso intensificar las investigaciones científicas y tecnológicas en sectores relacionados con el forestal, y que debía hacer hincapié en el influjo del cambio climático en la salud, vitalidad y distribución de los bosques.

Algunos delegados expresaron su preocupación porque los posibles mecanismos de apoyo para la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques podrían no ser fácilmente accesibles para los países de América Latina y el Caribe y dar origen a situaciones de frustración, tal como ha ocurrido con los proyectos forestales realizados en el ámbito del Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL). La comisión hizo hincapié en la necesidad de abrir caminos sencillos para obtener los beneficios de tales mecanismos y facilitar el acceso a nuevos recursos facilitados por los países donantes con el objeto de financiar la reducción de emisiones. Además, algunos países de la región cuya superficie terrestre ostenta una cubierta forestal extensa y que no tropiezan con mayores problemas causados por la deforestación solicitaron que se les apoyase en su pedido de formas de compensación por el mantenimiento de sus bosques, y que dicho pedido fuese tomado en consideración en las deliberaciones del segundo período de compromiso en el ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Una de las sesiones sobre instituciones forestales y legislación comprendió exposiciones de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica. La comisión observó que, si bien es importante descentralizar las atribuciones relativas a las actividades forestales, es preciso que este proceso sea gradual, transparente y responsable; y los participantes recalcaron la necesidad de proporcionar capacidad, equipo y apoyos adecuados a las autoridades locales con el fin de prepararlas para desarrollar las funciones que se les habrían de encomendar.

Una sesión consagrada a la ordenación forestal sostenible puso de relieve el preocupante nivel alcanzado por la deforestación y degradación forestal, y aportó pruebas de un aumento de las plagas y enfermedades en los bosques de la región. Llamó la atención acerca de la expansión notable de las áreas protegidas en la región —que suman casi 400 millones de hectáreas— y la necesidad de financiar la administración y ordenación sostenible de las mismas. Está en curso un estudio sobre casos ejemplares de ordenación forestal sostenible

en América Latina y el Caribe que había sido encomendado por la anterior sesión de la comisión.

La comisión ha solicitado mayor apoyo a la FAO en materia de determinación de nuevos mecanismos que permitan mejorar la contabilización de los valores y servicios ambientales que generan las actividades forestales en las cuentas nacionales, y nuevas fuentes de financiación para el sector forestal, comprendidos los pagos por servicios ambientales y los mecanismos de mercado. La comisión recomendó igualmente el establecimiento de vínculos más estrechos entre la COFLAC y el Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT), que se celebra cada tres años.

La comisión destacó con profunda preocupación los efectos devastadores provocados por los huracanes en Cuba y Haití, y subrayó la necesidad de proporcionar a estos países el mayor apoyo para mitigar sus efectos negativos y permitir la restauración de la cubierta forestal y la reconstrucción de las condiciones de habitabilidad para las comunidades afectadas.

Con anterioridad a la reunión se celebraron dos talleres sobre mecanismos de apoyo a los programas forestales nacionales y las perspectivas de reducción de emisiones por deforestación y degradación en América Latina.

La 26ª reunión de la COFLAC, que se celebrará en 2010, será hospedada por Guatemala.

Para consultar el informe completo de la 25ª reunión, véase: www.rlc.fao.org/es/comisiones/coflac/2008/

Primera Semana Forestal Europea

La primera Semana Forestal Europea fue celebrada del 20 al 24 de octubre de 2008, en conjunción con la reunión conjunta del 34º período de sesiones de la Comisión Forestal Europea de la FAO y el 66º período de sesiones del Comité de la Madera de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE).

Organizada conjuntamente por la FAO, la CEPE, la Conferencia Ministerial sobre la Protección de Bosques en Europa y la Presidencia francesa de la Unión Europea, la Semana Forestal Europea representó un esfuerzo para ampliar la colaboración del sector forestal en la región. Los actos principales de la Semana fueron organizados





Con ocasión de la Semana Forestal Europea se organizan centenares de actividades nacionales y locales

Durante la Semana Forestal Europea, más de 150 organizaciones en 32 países –de Islandia a Turquía y de Portugal a la Federación de Rusia– celebraron actos nacionales y locales relacionados con los bosques.

Las actividades comprendieron desde debates de expertos sobre los bosques y el cambio climático hasta giras para niños. Entre las actividades había eventos culturales, iniciativas pedagógicas, reuniones sobre políticas, excursiones a lugares naturales, ruedas de prensa y actos de plantación de árboles. Una página interactiva del sitio Web de la Semana Forestal Europea permitió a los organizadores intercambiar información acerca de los acontecimientos programados en toda la región. Se configuró así un impresionante conjunto de actividades que ponían de relieve la contribución de los bosques a la vida diaria de las personas.

Una asociación letona, por ejemplo, organizó una campaña de información sobre la función de la madera en la mitigación del cambio climático, destinada a privados que realizan obras de construcción o de reforma de viviendas, así como a encargados de la adopción de decisiones y a los medios de comunicación. El propósito era ampliar el conocimiento del papel de los bosques y de los productos madereros en el secuestro de dióxido de carbono, y la importancia de la madera como recurso natural renovable idóneo para las construcciones realizadas con criterios de sostenibilidad y para la creación de espacios sanos donde vivir. El Consejo Finlandés de la Madera organizó un seminario intitolado «Hecho con el Día de la Madera», destinado a constructores y arquitectos, en el que se trataron temas actuales relacionados con el empleo de la madera en la arquitectura y la investigación sobre la madera. El Centro de Bosques Privados de Estonia organizó cursos para propietarios privados de bosques. En Bélgica, los Dendronautas propusieron una gira al corazón de las Ardenas guiada por duendes, elfos, druidas, gnomos y trovadores. En Alemania, se programaron lecciones para aprender a treparse a los árboles, y se ofreció a los niños la oportunidad de realizar obras de «arte terrestre» dentro del bosque. El Servicio Forestal de Islandia lanzó la busca del árbol más grande del país, y una asociación de Belarús organizó una conferencia sobre los bosques y los forestales en la literatura.

Para consultar la totalidad de los materiales, véase la página de las actividades nacionales en el sitio Web de la Semana Forestal Europea en: www.europeanforestweek.org/50790

tanto en la Sede de la FAO en Roma como por el Comité Económico y Social Europeo en Bruselas (Bélgica). Tuvieron lugar al mismo tiempo más de 150 actos subsidiarios en el plano nacional y local en 30 países europeos (véase el recuadro).

En la Sede de la FAO en Roma, los representantes de gobiernos, organizaciones intergubernamentales, organizaciones no gubernamentales e institutos de investigación, así como propietarios privados de bosques compartieron puntos de vista y propuestas de solución de problemas mundiales, haciendo hincapié en los asuntos relacionados con los bosques, el cambio climático, la bioenergía y el agua. Asistieron a la Semana unos 400 participantes de 45 países.

Las sesiones plenarias se complementaron con diálogos sobre política y actos organizados por asociados sobre temas como el mejoramiento de la observancia de la ley y la gobernanza en el ámbito de la Política Europea de Vecindad, la nueva política forestal de la Federación de Rusia, los asuntos de género y las actividades forestales, el papel de los productos madereros en la mitigación del cambio climático y la adaptación de las especies forestales al cambio climático. Un taller especial tuvo como tema la función de la madera en la bioconstrucción.

En Bruselas se celebró una conferencia de un día de duración sobre el rol de los bosques y el sector forestal en el cumplimiento de los compromisos climáticos de la Unión Europea.

Un nuevo programa apoya la aplicación de las leyes forestales, la gobernanza y el comercio en los países del ACP

En noviembre de 2008, la FAO lanzó un programa de cuatro años de duración financiado por la Comisión Europea y destinado a apoyar

la aplicación de las leyes forestales, la gobernanza y el comercio en países de África, el Caribe y el Pacífico (ACP) (un grupo de casi 80 países que cooperan con la Unión Europea en el ámbito de la Convención de Lomé).

En muchos países de estas regiones, la explotación forestal ilegal y el comercio de madera asociado dan lugar a problemas de índole política, socioeconómica y ambiental. Además de socavar el imperio de la ley, los principios de una gobernanza democrática y el respeto de los derechos humanos, estas prácticas debilitan la competitividad de las operaciones forestales legítimas y limitan la posibilidad de que éstas contribuyan a la ordenación forestal sostenible; deterioran los medios de vida de la población local, conducen a la pérdida de biodiversidad y perjudican las cuencas hidrográficas y otros ecosistemas forestales.

El nuevo programa apoyará:

- la recolección, análisis y difusión de información y conocimientos relacionados con la aplicación de las leyes, la gobernanza y el comercio;
- el refuerzo del marco jurídico;
- el refuerzo de las instituciones relacionadas con la aplicación de las leyes, la gobernanza y el comercio;
- la ejecución de proyectos piloto creadores de valor añadido que permitan la superación de algunas brechas importantes observadas en los procesos de aplicación de las leyes, la gobernanza y el comercio.

El programa funcionará a petición de los países. Dos veces al año se harán convocatorias específicas para la presentación de propuestas. El programa está abierto a todos los países del ACP, pero se dará preferencia a las propuestas provenientes de los que realizan intercambios comerciales interiores, regionales y exteriores intensos



Las inscripciones para el XIII Congreso Forestal Mundial se han abierto

El XIII Congreso Forestal Mundial se celebrará del 18 al 25 de octubre de 2009 en Buenos Aires (Argentina), y su tema será «Desarrollo forestal, equilibrio vital». El congreso comprenderá ponencias, debates, reuniones empresariales y exposiciones, así como dos mesas redondas de alto nivel sobre el cambio climático y la bioenergía. Se han recibido ya más de 2 500 resúmenes de ponencias procedentes de todas las regiones del mundo.

Inscripciones

La inscripción en línea al congreso fue abierta el 1º de febrero de 2009. Los participantes provenientes de países de ingreso bajo y mediano y los que se inscriban antes del 30 de junio tendrán derecho a tarifas especiales. Se aplicarán descuentos a grupos, estudiantes y jubilados. Además, se ofrecerán becas a los participantes de países en desarrollo.

Los organizadores del congreso se han esforzado en garantizar una distribución equilibrada de participantes de todas las regiones del mundo. Se dará prioridad a las personas que han presentado un resumen de ponencia. Las instrucciones para la solicitud de becas se pueden consultar en el sitio Web del congreso.

Exposición forestal internacional

Una exposición forestal internacional representará un lugar de encuentro para promover el conocimiento y la toma de conciencia acerca de la ordenación forestal sostenible. La exposición será de especial interés para productores, mayoristas y minoristas de productos madereros y no madereros; proveedores de herramientas y otros insumos; empresas de logística y de distribución; organizaciones de gobierno y organizaciones internacionales y organismos de cooperación; organizaciones no gubernamentales, asociaciones e instituciones.

Las reservas en línea de instalaciones para la exposición de productos fueron abiertas el 1º de febrero de 2009.

Eventos paralelos

La iniciativa de organismos especializados, países e instituciones de organizar eventos paralelos relacionados con las siete sesiones temáticas del Congreso Forestal Mundial será muy bien acogida. Los eventos paralelos darán a los participantes la oportunidad de profundizar los debates y reflexiones, crear redes y diseminar los mensajes clave.

La fecha límite para la presentación de solicitudes de realización de eventos paralelos es el 31 de marzo de 2009. La duración máxima programable de estos eventos será de dos horas. Solo se aceptará una solicitud por organización. Habrá servicios de interpretación simultánea y de comidas. Los términos, condiciones y tarifas se pueden consultar el sitio Web del congreso.

Reuniones empresariales

Se facilitarán espacios para la organización de reuniones empresariales. Las reuniones serán oportunidades valiosas para las industrias forestales y de elaboración de la madera de crear nuevas redes comerciales o de reforzar los contactos existentes. Para mayores informaciones se ruega contactar con la Secretaría en: info@cfm2009.org



de productos forestales. En principio, el programa no financiará el 100 por ciento de los costos de las actividades, y se espera que las organizaciones destinatarias hagan aportaciones financieras o en especie. Para asegurar la diseminación eficaz de sus resultados, el programa hará hincapié en la gestión de la información y los conocimientos y en la comunicación de las lecciones aprendidas.

Todas las organizaciones forestales pertinentes de los países del ACP –instituciones de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y organizaciones del sector privado– tendrán derecho a recibir apoyo. Las peticiones de propuesta de las dos últimas deberán acompañarse de una solicitud oficial de los gobiernos interesados.

Las propuestas serán examinadas por un panel de expertos selec-



cionado por un comité ejecutivo; la selección será convalidada por un comité directivo que incluirá representantes de la Secretaría del ACP, la Comisión Europea, la FAO y otros donantes.

Una pequeña unidad de administración de proyectos, localizada en la Sede de la FAO, se encargará de las tareas de administración rutinaria del programa en coordinación con la Secretaría del ACP y la Comisión Europea.

Para mayor información, se ruega contactar con: Eva.Muller@fao.org

Conferencia internacional sobre los bosques y el agua

¿Cuál es la relación entre los bosques y el agua, el recurso vital más valioso? Este fue el tema de la conferencia científica internacional «Los bosques y el agua: ¿una verdad oportuna?» celebrada en Barcelona (España) el 30 y 31 de octubre de 2008. La interrelación entre los dos sectores, en el contexto del cambio climático, el aumento de la temperatura, la pluviosidad incierta, el cambio del uso de tierra, el aumento demográfico y la creciente demanda hídrica, fueron los asuntos que debatieron investigadores, juristas y académicos.

Los temas examinados por la conferencia incluyeron:

- la influencia de las prácticas de ordenación forestal en el rendimiento hídrico, por ejemplo mediante la utilización de una combinación de diferentes especies de árboles de edades variadas, o el diseño de masas forestales y áreas forestales abiertas;
- la capacidad de los árboles plantados en zonas agrícolas y urbanas, vías de escorrentía o zonas riparias de reducir los efectos bioquímicos de las sustancias contaminantes en el ambiente;
- la medida en que el dosel y las raíces de los árboles protegen el suelo y reducen la tasa de erosión y la distribución de sedimentos a los ríos.

Las recomendaciones normativas se concentraron en la necesidad de realizar acciones sinérgicas en el seno de las administraciones forestales y de aguas en materia de políticas y planificación. La conferencia hizo hincapié en la necesidad de considerar con una óptica holística la interacción entre agua, bosques y otros usos de la tierra y los factores socioeconómicos. Subrayó la importancia del desarrollo territorial integrado a nivel nacional y regional, y vinculó los beneficios preliminares y finales de estos procesos.

Los participantes señalaron que las interacciones biofísicas entre los bosques y el agua, en diferentes situaciones y contextos, y el diseño integrado de unos modelos de ordenación de recursos forestales e hídricos eficientes y eficaces eran los campos más importantes para futuros estudios. No menos esencial es proporcionar un conocimiento exhaustivo acerca de la interfaz bosques/agua a los encargados del diseño de las políticas.

La conferencia fue organizada por el Instituto Forestal Europeo, el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), la FAO, la Conferencia Ministerial sobre la Protección de Bosques en Europa, la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), la Universidad de Barcelona, la Universidad de Lleida y la Obra Social Caixa Catalunya, con el financiamiento del Gobierno de Cataluña (España).

Para leer más sobre los bosques y el agua, véase el número 229

(2007) de *Unasyuva*, íntegramente dedicado a este tema (www.fao.org/forestry/unasyuva).

Apoyo a la ordenación forestal en Afganistán

En Afganistán, país montañoso y de tierras en su mayor parte áridas, la larga guerra civil ha complicado los problemas ambientales causados por la escasez de agua, la degradación del suelo y el sobrepastoreo. Los bosques, que cubren alrededor del 1,3 por ciento del territorio, han sido muy dañados por el desbroce realizado con fines militares, el aprovechamiento ilegal de la madera y la recolección insostenible de leña. La caza excesiva y la degradación de los hábitats han aniquilado la fauna indígena. El derrumbe de las instituciones gubernamentales ha dificultado el control de la explotación y comercio ilegales de la madera, y el éxodo de oficiales forestales capacitados ha dejado la Dirección de Bosques y Pastizales poco capacitada para las tareas de planificación, diseño de políticas y comunicación.

La madera, la leña y los productos forestales no madereros (PFNM) han jugado en todo tiempo un papel vital para los medios de vida de la población afgana rural. En las provincias orientales, el cedro (*Cedrus deodora*) crece por encima de los 1 800 m de altitud y se explota con fines de exportación. La reconstrucción de Kabul y otras ciudades que han sufrido los daños de la guerra hará aumentar la demanda de madera de construcción.

La FAO ha estado proporcionando ayuda al sector forestal afgano por conducto de diversos proyectos. En 2003, las autoridades solicitaron la asistencia de la FAO para reconstruir el sector forestal de forma sostenible. Tras una ayuda de emergencia que se limitó al sector forestal a través de la plantación de árboles, en 2005 fue formulado el proyecto de cooperación técnica «Apoyo a la rehabilitación del sector forestal» para contribuir al desarrollo de un programa forestal nacional ampliado. A través de un proceso participativo que ha involucrado a todas las partes interesadas, el proyecto secundó la preparación de una política y estrategia para el sector forestal y la elaboración de una nueva ley forestal. La política y estrategia forestal se integra plenamente en el Plan indicativo agrario, en el cual se enmarca el desarrollo del sector agrícola. Un componente importante de la estrategia es la creación de capacidad para la administración forestal, el sector privado y las organizaciones no gubernamentales.

Tras la conclusión de este proyecto, en 2007, la FAO ha seguido brindando asistencia para la ejecución de la política y estrategia forestal y los ensayos de campo de la reciente ley forestal. Un nuevo proyecto, «Mejora de los medios de vida y seguridad alimentaria en Afganistán», incluye un componente de actividad forestal participativa destinado a apoyar los medios de vida sostenibles. Las actividades se concentrarán en el refuerzo de la capacidad institucional, la mejora de la capacidad técnica en materia de ordenación de bosques y plantación de árboles, la recolección de información sobre PFNM y el suministro y consumo de leña.

A pesar de que para modificar las costumbres y hábitos se necesita tiempo, se espera que, para 2010, cuando el proyecto haya concluido, las instituciones forestales estarán capacitadas para asesorar a las comunidades en la ordenación y uso sostenible de sus bosques.



EL MUNDO FORESTAL

Función de los bosques en el cambio climático

La ampliación de la función del sector forestal en los programas nacionales e internacionales de mitigación y adaptación al cambio climático fue el tema de la conferencia «Función de los bosques en la gestión del clima: investigación, innovaciones, inversiones, creación de capacidad», celebrada en San Peterburgo (Federación de Rusia) del 4 al 7 de octubre de 2008. Dotada del 22 por ciento de los bosques del mundo y de más del 70 por ciento de los bosques boreales, y el 50 por ciento del carbono presente en el hemisferio norte, la Federación de Rusia era un marco particularmente conveniente para el desarrollo de los debates sobre el papel de la ordenación de los bosques templados y boreales en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Esta fue la tercera vez que, durante el año 2008, se reunía la comunidad internacional para examinar la función determinante desempeñada por el sector forestal en la respuesta mundial al cambio climático. La conferencia era el complemento de dos conferencias internacionales anteriores: la Conferencia sobre Adaptación de los Bosques y la Ordenación Forestal al Clima Cambiante, con Énfasis en la Salud de los Bosques: un Examen de la Investigación, Políticas y Prácticas (Umeå, Suecia, agosto de 2008), reseñada detalladamente en este número de *Unasylva*; y Las Funciones de los Bosques Boreales en un Contexto Mundial (Harbin, China, septiembre de 2008), que hizo hincapié en el papel de los bosques boreales en la mitigación y adaptación al cambio climático.

La conferencia de San Peterburgo fue organizada conjuntamente por el Organismo Forestal Federal de la Federación de Rusia, el Banco Mundial y la FAO. En las sesiones de plenaria, de presentación de carteles y de paneles de expertos, dedicadas a la investigación, las innovaciones y la tecnología, la creación de capacidad humana y las inversiones, participaron más de 150 representantes de 30 países.

Las conclusiones de la conferencia pusieron de manifiesto la necesidad de:

- despertar conciencia en las personas y reforzar el papel de la ordenación de bosques boreales en el plano nacional e internacional en el contexto de los futuros acuerdos sobre el clima;
- realizar evaluaciones cuantitativas, pronósticos e investigaciones conexas, especialmente en cuanto al papel de los bosques en el ciclo regional del carbono;
- renovar los mecanismos financieros y asociaciones de inversión tales como los programas de inversiones verdes;
- eliminar las actuales barreras que entorpecen el desarrollo y los proyectos de ejecución conjunta que se realizan en el sector forestal en el ámbito del Protocolo de Kyoto.

Reuniones sobre el cambio climático en Polonia

La 14ª Conferencia de las Partes (COP-14) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) marcó la mitad del camino hacia la fecha límite de diciembre de 2009 para acordar un marco de acción tras la expiración del Protocolo de Kyoto, tal como había sido concordado en el Plan de Acción de Bali en 2007.

La COP-14 y la cuarta Conferencia de las Partes en calidad de

reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto fueron las reuniones centrales de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que tuvo lugar en Poznań (Polonia) del 1º al 12 de diciembre de 2008. Cuatro órganos subsidiarios se reunieron para apoyar a los dos órganos principales mencionados, y sobre todo al Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico. Uno de los actos fundamentales fue la celebración de una mesa redonda ministerial. Los actos atrajeron a más de 9 250 participantes, entre los que se contaban más de 800 miembros acreditados de los medios de comunicación.

Segundo Día del Bosque

En paralelo a la COP-14, tuvo lugar, el 6 de diciembre de 2008, el segundo Día del Bosque en la Universidad Adam Mickiewicz en Poznań (Polonia). El acontecimiento estuvo enfocado en la incorporación de los bosques en las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, tanto a nivel mundial como nacional.

El segundo Día del Bosque fue hospedado conjuntamente por el Gobierno de Polonia, el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) y los demás miembros de la Asociación de Colaboración en materia de Bosques (ACB). Tras la reacción favorable al primer Día del Bosque –celebrado durante la Conferencia sobre el Cambio Climático que tuvo lugar en Bali (Indonesia) en diciembre de 2007–, asistieron al segundo Día del Bosque cerca de 900 participantes que estudiaron asuntos muy variados, por ejemplo la adaptación de los bosques al cambio climático; las medidas para hacer frente a la degradación forestal mediante la ordenación forestal sostenible; la creación de capacidad para la reducción de emisiones por deforestación y degradación; y las alternativas de integración de la reducción de emisiones en el régimen climático mundial.

El acontecimiento comprendió también una exposición de carteles y cerca de 40 actos colaterales en los que se trataron temas como las acciones de reducción de emisiones en beneficio del desarrollo rural; el enfoque de comunidades indígenas y locales sobre los bosques y el cambio climático; el caso de negocio relativo a los mecanismos de reducción de emisiones con el propósito de conservar la biodiversidad y conseguir el bienestar humano; la reducción de emisiones y la conservación y restauración de turberas; y la modernización de la vigilancia mundial de los bosques mediante el uso de imágenes de satélite de gran resolución.

El resumen de los contenidos del segundo Día del Bosque, incluidos los puntos objeto de consenso y de divergencia, fue remitido al secretario ejecutivo de la CMNUCC y puesto a disposición de los negociadores de la COP-14. El resumen destacó la necesidad de:

- incluir los bosques en los mecanismos y estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático;
- asegurar la efectiva inclusión y participación de la sociedad civil en los procesos internacionales, regionales y nacionales de adopción de decisiones;
- reconocer y respetar los derechos de las mujeres, personas pobres y pueblos indígenas.



Las reuniones de Poznań estuvieron enfocadas en la cooperación a largo plazo para la fase posterior al año 2012. Las decisiones primordiales se refirieron al fondo de adaptación creado en el ámbito del Protocolo de Kyoto, a la transferencia de tecnología, al Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), a los medios a disposición de los países industrializados para cumplir sus compromisos de reducción de emisiones (incluidas las producidas por el sector forestal), a la creación de capacidad, a las comunicaciones nacionales y a los asuntos metodológicos.

También se registraron avances en la reducción de emisiones por deforestación en los países en desarrollo, tema que fue tratado tanto en la sesión plenaria del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico como por numerosos grupos de contacto y en consultas informales. Las recomendaciones formuladas por el Órgano Subsidiario incluyeron un pedido a la presidencia con el objeto de organizar una reunión de expertos sobre cuestiones metodológicas relacionadas con los niveles de emisiones de referencia por deforestación y degradación; y orientaciones metodológicas para promover la capacidad de preparación de los países en desarrollo y una mayor movilización de recursos destinados a la reducción de emisiones, incluida la participación efectiva de los pueblos indígenas y las comunidades locales.

Hacia una respuesta coordinada del sector forestal al cambio climático

Junto con reconocer la importante contribución de los bosques a la mitigación del cambio climático, los miembros de la Asociación de Colaboración en materia de Bosques (ACB) diseñaron un marco estratégico para orientar la respuesta del sector forestal. El documento, que fue presentado con ocasión de las reuniones sobre cambio climático de Poznań (Polonia) en diciembre de 2008, consiste en un plan voluntario de acción para el sector forestal de todo el mundo. El documento apoya el proceso de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y sobre todo el Plan de Acción de Bali, así como el instrumento sin fuerza jurídica obligatoria sobre los bosques de todo tipo del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB). El marco sienta las bases para una respuesta coordinada del sector forestal ante el cambio climático, y en especial mediante la adopción generalizada de la ordenación forestal sostenible y su integración en estrategias de desarrollo más amplias.

La ACB es una alianza voluntaria compuesta por 14 organizaciones internacionales que llevan a cabo importantes programas forestales. Sus objetivos son promover la ordenación, conservación y desarrollo sostenible de los bosques de todo tipo y proporcionar un apoyo político a largo plazo reforzado para la consecución de estos objetivos. La ACB está presidida por la FAO; sus demás miembros son el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención de las Naciones

Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB), el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Centro Mundial de Agrosilvicultura y el Banco Mundial.

Gracias a su profusa experiencia en la promoción de la ordenación forestal sostenible, la conservación forestal, el alivio de la pobreza y la gobernanza forestal, los miembros de la ACB están capacitados para proponer enfoques globales relativos a la función de los bosques en la mitigación y adaptación al cambio climático. La misma ACB es un mecanismo que permite a los miembros coordinar sus acciones relacionadas con el clima. Reuniendo en el campo de la silvicultura su experiencia colectiva, los miembros de la ACB podrán asistir a los países en la preparación del régimen climático para la fase posterior a 2012.

En el documento se destacan seis mensajes principales:

- La ordenación forestal sostenible proporciona un marco efectivo para las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático basadas en el bosque.
- Las medidas de mitigación y de adaptación al cambio climático basadas en el bosque deberían ejecutarse simultáneamente.
- La colaboración intersectorial, los incentivos económicos y la provisión de oportunidades alternativas relacionadas con los medios de vida son esenciales para la reducción de la deforestación y la degradación de los bosques.
- La creación de capacidad y las reformas en materia de gobernanza son objetivos que es necesario conseguir urgentemente.
- El seguimiento y la evaluación precisa de los bosques ayudan a tomar decisiones informadas, pero requieren una coordinación más sólida en todos los niveles.
- Los miembros de la ACB han tomado el compromiso de adoptar un enfoque participativo global relativo a la mitigación y adaptación al cambio climático basada en el bosque.

El resumen de orientación y el texto completo del marco estratégico para el cambio climático de la ACB están disponibles en: www.fao.org/forestry/cpf-climatechange

La UICN formula su programa de acción sobre el medio ambiente

La biodiversidad sostiene el bienestar de sociedades y el progreso de sus economías. El Congreso Mundial de Conservación de 2008 advirtió que los costos que entraña la pérdida de biodiversidad son más altos que los de los actuales problemas financieros mundiales. El congreso –que se reúne cada cuatro años con el objeto de planificar la labor de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)– tuvo lugar en Barcelona (España) del 5 al 14 de octubre de 2008, y congregó a más de 8 000 participantes.

La UICN es la organización de conservación más longeva del mundo, y a ella pertenecen más de 1 000 organizaciones afiliadas y unos 10 000 investigadores voluntarios en más de 150 países. Durante la reunión de Barcelona, la asamblea de los miembros eligió un nuevo presidente y consejo y sometió a votación el programa de trabajo de UICN para el período 2009 a 2012. El presidente electo es el Sr. Ashok



Khosla, presidente de Alternativas de Desarrollo, una empresa social con sede en Nueva Delhi (India), cuyo propósito es promover tecnologías comercialmente viables y respetuosas con el medio ambiente en beneficio de comunidades rurales de países en desarrollo.

Los biocombustibles fueron uno de los asuntos principales debatidos, y los miembros hicieron un llamamiento a los gobiernos para la elaboración de directrices y normas destinadas a la evaluación de los proyectos relativos a los biocombustibles y la reglamentación y gestión del uso de éstos, con el fin de limitar las repercusiones negativas en las personas y en la naturaleza.

El congreso dio su aprobación a la reducción de emisiones por deforestación y degradación con el fin de mitigar el cambio climático, siempre que tal iniciativa siga estando inspirada en la justicia y equidad. En un taller que tenía por lema «Emita su voto en directo» se formularon a los participantes diversas preguntas relacionadas con la reducción de emisiones. Los encuestados reconocieron que cada una de las recetas de reducción de emisiones se ajusta a una situación particular, y que se necesitan enfoques diferenciados para contextos diversos.

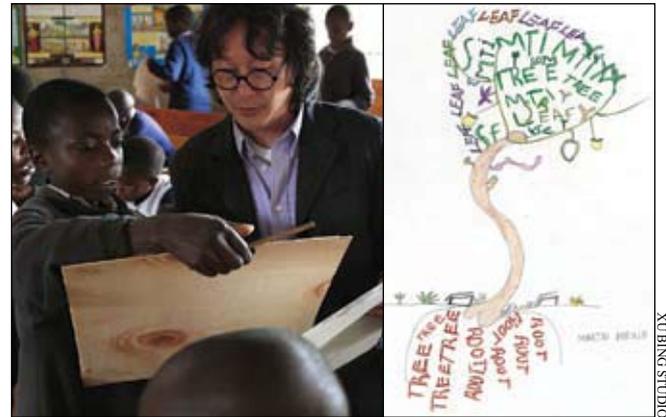
También se prestó gran atención a los derechos de las poblaciones vulnerables y pueblos indígenas. El congreso dio comienzo a un marco ético destinado a guiar las actividades de conservación mediante la puesta en práctica de acciones de reducción de la pobreza, la aplicación de enfoques basados en los derechos y el principio de «no hacer daño». Los miembros exhortaron a los gobiernos a que en todas las actividades relacionadas con la conservación se tomen en cuenta las consecuencias que dichas actividades puedan tener en los derechos humanos.

Los siguientes son algunos de los principales compromisos adquiridos durante el congreso.

- La Fundación MacArthur prometió una inversión de 50 millones de USD en actividades de mitigación y adaptación al cambio climático.
- El Fondo Mohammad Bin Zayed de Conservación de Especies realizará una inversión de 25 millones de EUR en biodiversidad en todo el mundo.
- La Federación de Rusia prometió proteger una superficie adicional de 80 millones de hectáreas.
- Paraguay prometió reducir su deforestación neta a cero para el año 2020.
- Un grupo de donantes lanzó la segunda fase de la Iniciativa Agua y Naturaleza para mejorar la gestión de cuencas hidrográficas.

Los ministerios de montes, ambiente, interior y obras públicas de Indonesia, diez alcaldes provinciales y la organización mundial de conservación WWF anunciaron el compromiso de proteger los bosques remanentes y los ecosistemas críticos de la isla indonesia de Sumatra. Estos bosques albergan algunas de las especies más raras del mundo y proveen de medios de vida a millones de personas. La isla ha perdido el 48 por ciento de su cubierta de bosque natural desde 1985. Más del 13 por ciento de los bosques remanentes de Sumatra son bosques de turberas que crecen en los suelos húmidos más profundos del mundo. Estos suelos se degradan cuando los árboles se talan, y emiten dióxido de carbono a la atmósfera.

Para mayor información sobre el congreso, véase: www.iucn.org/congress_08/



Un artista chino y niños kenyatas subastan obras de arte para costear la plantación de árboles

Gracias a un proyecto creado por un artista chino contemporáneo se han reunido niños, las artes e Internet, y se han podido plantar árboles en Kenya.

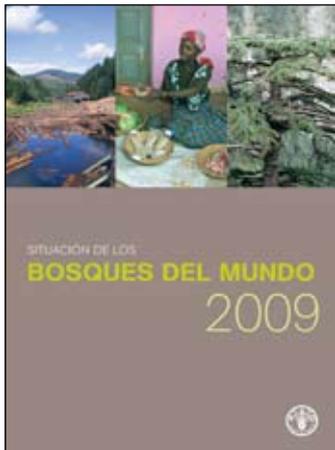
Las obras galardonadas de Xu Bing se concentran en la relación entre el arte y la palabra escrita. En el ámbito de su Proyecto forestal, el artista ha organizado talleres en el Parque nacional del Monte Kenya para los escolares de la localidad. Los estudiantes combinan la caligrafía y el arte para realizar dibujos de árboles empleando la escritura de culturas y períodos históricos diferentes, por ejemplo pictogramas chinos, jeroglíficos egipcios, caracteres cuneiformes, árabes, latinos y otros.

Las obras de los niños se exponen en el sitio Web del proyecto para ser subastadas. Actualmente todo el dinero recaudado mediante la venta de las obras confluye en el fondo de fideicomiso Bill Woodley Mount Kenya, organización kenyata que se dedica a la preservación del ecosistema del Monte Kenya. El proyecto forestal fue ideado por Xu Bing durante su residencia en el Parque nacional del Monte Kenya en 2005.

El motivo del éxito del proyecto es la disparidad de ingresos y precios que existe entre los países más desarrollados y Kenya. Por el precio de un recorrido en autobús de solo ida en un país desarrollado, una pintura de un estudiante en Kenya puede permitir que se planten diez plantones. El proyecto genera así un flujo constante de fondos que, partiendo de países desarrollados, llegan a Kenya y se destinan a la plantación de nuevos árboles.

Además, algunas obras seleccionadas realizadas por estudiantes kenyatas y un paisaje de grandes dimensiones dibujado por Xu Bing se están exponiendo en la muestra «Hombre/naturaleza: los artistas responden cuando el planeta está cambiando» en museos de San Diego y Berkeley, California (Estados Unidos de América) hasta finales de junio de 2009.

Para mayor información, véase: www.forestproject.net



Una publicación principal de la FAO proyecta la mirada hacia el futuro

Situación de los Bosques del Mundo 2009. 2009. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-306057-3. *Situación de los Bosques del Mundo* se publica cada dos años, e informa sobre los principales acontecimientos del sector forestal. La edición de 2009, con el tema «Sociedad, bosques y actividad forestal: adaptarse al futuro», estudia cómo repercutirán en el sector forestal los cambios más amplios que tienen lugar fuera de éste, y la manera de enfrentarlos.

La Parte 1, basada en los más recientes estudios de perspectivas del sector forestal realizados por la FAO, examina las repercusiones conjuntas de los cambios demográficos, económicos, institucionales y tecnológicos en los bosques y en las actividades forestales en todas las regiones del mundo y esboza nuevos escenarios. Entre los principales factores que influirán en la oferta y la demanda de productos y servicios forestales están las variaciones en la dependencia de la tierra, el aumento de los ingresos, el incremento de los precios de los alimentos y la energía y la producción bioenergética.

En la Parte 2 se aborda la manera en que la actividad forestal se tendrá que adaptar al futuro; se dedican algunos capítulos a la demanda mundial de productos madereros, los mecanismos para satisfacer la demanda de servicios ambientales, los cambios en las instituciones del sector forestal y los avances científicos y tecnológicos, incluyendo el papel cada vez más reconocido del saber indígena y la necesidad de adaptarse a los desafíos que plantea el cambio climático.

Al igual que todos los demás sectores, el sector forestal se verá afectado por la crisis económica que comenzó a manifestarse a finales del año 2008, cuando *Situación de los Bosques del Mundo 2009* entraba en prensa. Un *post scriptum*, intitulado «Desafíos y oportunidades en tiempos de turbulencia», describe cómo la caída de la demanda (debida sobre todo al derrumbe del sector de la vivienda) y la restricción crediticia han conducido a disminuciones drásticas en la producción, consumo y comercio de productos madereros y a consiguientes cierres de aserraderos y a un desempleo creciente. La contracción ha perjudicado incluso los mercados de carbono. La ralentización económica que afecta prácticamente a todos los países ha conducido a modificar los anteriores pronósticos económicos optimistas. Aunque la reducción en la demanda de algunos productos pueda frenar la tala de bosques, el desempleo en gran

escala en los sectores industrial y de los servicios podría tener repercusiones negativas en los bosques. Pero por otra parte, la crisis puede ofrecer oportunidades de renovación para el sector forestal y abrir el camino hacia una economía más verde.

Además ser una fuente de información para respaldar las políticas y la investigación, *Situación de los Bosques del Mundo 2009* estimulará el pensamiento crítico y los debates acerca del futuro de los bosques del mundo y la manera en que está variando el aprovechamiento de los bosques en respuesta a cambios más profundos. La obra será de interés para profesionales, estudiantes, investigadores, el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil. El análisis de las tendencias y perspectivas mundiales será particularmente pertinente para los encargados del diseño de las políticas y los planificadores. La publicación está disponible en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.

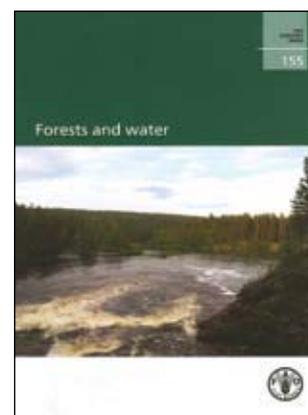
Para mayores informaciones y para descargar del texto, véase: www.fao.org/forestry/sofo

Estado del conocimiento sobre los bosques y el agua

Forests and water. L.S. Hamilton, con aportaciones de N. Dudley, P. Greminger, N. Hassan, D. Lamb, S. Stolton y S. Tognetti. 2008. FAO Forestry Paper No. 155. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-106090-2.

De las cuencas hidrográficas forestales proviene una gran proporción del agua que se aprovecha en el hogar, la agricultura, la industria y en necesidades ecológicas, tanto en las zonas aguas arriba como aguas abajo. Para los gestores de tierras, bosques y aguas, maximizar los beneficios brindados por el bosque, sin que ello vaya en detrimento de los recursos hídricos y las funciones del ecosistema, supone un reto no leve. Es urgente comprender más cabalmente la interfaz entre los bosques y árboles y el agua a fin de que este conocimiento arraigue en las políticas.

Forests and water, estudio que comenzó en el contexto de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005, destaca la necesidad de adoptar un enfoque holístico al gestionar los complejos ecosistemas de cuencas hidrográficas, atendiendo a las interacciones entre agua, bosques y otros usos de la tierra así como a factores socioeconómicos. La obra también apunta a derrocar algunas generalizaciones erradas o engañosas acerca de los efectos de la cubierta forestal en los flujos anuales y estacionales aguas abajo. Hasta hace tan sólo pocos años, en las políticas hídricas se partía



del supuesto de que, cualesquiera fuesen las circunstancias hidrológicas o ecológicas, para maximizar el rendimiento hídrico, regular los flujos estacionales y garantizar la calidad del agua, el bosque constituía la mejor cobertura del suelo. Según esta suposición, se pensaba que, para aumentar la disponibilidad de agua así como para evitar las inundaciones de las zonas aguas abajo, la conservación (o extensión) de la cubierta forestal en las cuencas aguas arriba era la medida siempre más efectiva. El importante papel de la cubierta forestal aguas arriba en una provisión de agua de buena calidad ha quedado sí confirmado, pero en algunas situaciones, y sobre todo en los ecosistemas áridos o semiáridos, los bosques podrían no ser la mejor cobertura del suelo para incrementar el rendimiento hídrico en las zonas aguas abajo.

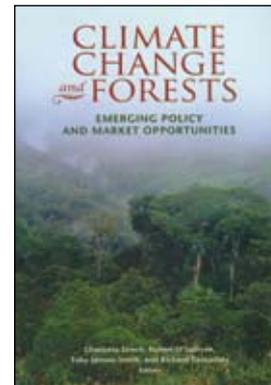
Esta publicación clara e informativa explica la función de los bosques en el ciclo hidrológico y su influencia en la cantidad y calidad del agua. Uno de los capítulos trata de situaciones forestales críticas o de «alarma roja»: los bosques higrofiticos nubosos de montaña o bosques de bruma, los bosques palustres, los bosques en suelos salinos susceptibles, los bosques en lugares empinados de alto riesgo de derrumbe, las zonas ripícolas tampón, los bosques para el suministro de aguas municipales, los estanques vernaes y los bosques de protección contra avalanchas. En otro capítulo se estudia el caso especial de las pequeñas islas montañosas. También se examinan los nuevos sistemas de pago por servicios de la cuenca hidrográfica.

Esta publicación recoge el estado del conocimiento y será de interés para una amplia gama de expertos técnicos e investigadores, así como para los encargados de las políticas y de la adopción de

decisiones. *Forests and water* también está disponible en línea en: www.fao.org/forestry/publications

El cambio climático y las oportunidades brindadas por los bosques

Climate change and forests: emerging policy and market opportunities. C. Streck, R. O'Sullivan, T. Janson-Smith y R. Tarasofsky, eds. 2008. Londres, Reino Unido, Chatham House y Washington, DC (EE.UU.), Brookings Institution Press. ISBN 978-0-8157-8192-9. Este libro presenta una excelente visión de conjunto actualizada de los problemas jurídicos, económicos y ambientales relacionados con los bosques y la mitigación del cambio climático. Incluye un examen de las cuestiones forestales que se plantean en el ruedo internacional en materia de cambio climático, y analiza temas como el comercio



Mejoramiento genético de especies forestales de plantación en Australia y Nueva Zelanda

Australian Forestry, revista del Instituto Australiano de Ingenieros Forestales (IFA, por su sigla en inglés), ha publicado durante los dos últimos años una serie de artículos que recogen experiencias y logros en materia de mejoramiento de especies forestales de plantación mediante técnicas de mejoramiento forestal convencionales y avanzadas.

Los artículos abarcan un grupo de especies forestales de frondosas y coníferas nativas e introducidas plantadas en Australia y Nueva Zelanda por instituciones de gobierno, empresas privadas y pequeños agricultores para usos productivos, protectivos y ambientales. Algunos de los programas descritos ya habían comenzado hace 60 años. Éstos y otros programas más recientes han generado un volumen importante de conocimientos y pericias que han dado origen a prácticas novedosas de silvicultura de plantación y mejoramiento de caracteres tales como el crecimiento y rendimiento, la forma del tallo, las propiedades de la madera, la resistencia a enfermedades y la capacidad de desarrollo en condiciones que por lo general se consideran marginales o desfavorables para el crecimiento de la planta.

Amén de su interés científico, los artículos constituyen óptimos estudios de caso y podrían servir como materiales de orientación para programas, destinados a ser realizados en otros países y regiones del mundo, en los que se utilizarían las mismas especies de plantación forestal o especies similares.

Los artículos completos pueden ser pedidos a través del sitio Web del IFA (www.forestry.org.au) al precio de 20 dólares australianos cada uno (aproximadamente 15 USD). Los resúmenes de los artículos se pueden consultar en: www.forestry.org.au/ifa/c2-ifa.asp

Logros en mejoramiento genético forestal en Australia y Nueva Zelanda. Artículos publicados en *Australian Forestry*, 2007 y 2008

1. *Eucalyptus pilularis* Smith tree improvement in Australia. M. Henson y H.J. Smith. 70(1), 2007.
2. Development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in Eastern Australia. D.J. Lee. 70(1), 2007.
3. Tree improvement of *Eucalyptus dunnii* Maiden. H.J. Smith y M. Henson. 70(1), 2007.
4. Tree improvement for low-rainfall farm forestry. C.E. Harwood, D.J. Bush, T. Butcher, R. Bird, M. Henson, R. Lott y S. Shaw. 70(1), 2007.
5. Genetic improvement of Douglas-fir in New Zealand. C.J.A. Shelbourne, C.B. Low, L.D. Gea y R.L. Knowles. 70(1), 2007.
6. Genetic improvement and conservation of *Araucaria cunninghamii* in Queensland. M.J. Dieters, D.G. Nikles y M.G. Keys. 70(2), 2007.
7. Maritime pine and Brutian pine tree improvement programs in Western Australia. T.B. Butcher. 70(3), 2007.
8. Successful introduction and breeding of radiata pine in Australia. H.X. Wu, K.G. Eldridge, A.C. Matheson, M.P. Powell, T.A. McRae, T.B. Butcher y I.G. Johnson. 70(4), 2007.
9. Genetic improvement of *Eucalyptus nitens* in Australia. M. Hamilton, K. Joyce, D. Williams, G. Dutkowski y B. Potts. 71(2), 2008.
10. *Pinus radiata* in New Zealand. R.D. Burdon, M.J. Carson y C.J.A. Shelbourne. 71(4), 2008.

de derechos de carbono y los proyectos forestales realizados bajo la égida del Mecanismo para un desarrollo limpio. Se investigan en profundidad la prevención de la deforestación y las compensaciones voluntarias de carbono. Los restantes capítulos analizan otros conceptos climáticos que constituyen el meollo de las cuestiones debatidas por el sector forestal, por ejemplo la permanencia, los métodos de medición y control y los aspectos jurídicos. Ocho estudios de caso ofrecen ilustraciones prácticas.

Las aportaciones de más 50 autores se recogen en 21 capítulos que comprenden temáticas de interés actual, como «¿Cuán renovable es la bioenergía?» e «Incentivos para evitar la deforestación futura: un enfoque de anidamiento».

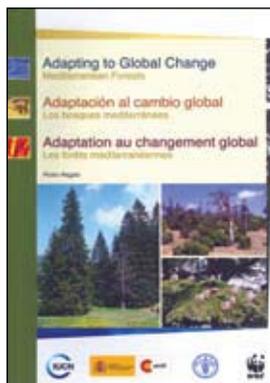
No se trata de un libro de lectura sencilla; la obra se dirige a lectores que ya conocen el tema y están interesados en comprender más a fondo los problemas normativos relacionados con los bosques y el cambio climático. A quienes buscan un examen ahondado de las cuestiones políticas más debatidas en los últimos años (y probablemente también en los venideros), recomendamos esta obra sin reservas.

Cambio climático y bosques mediterráneos

Adaptación al cambio global: los bosques mediterráneos. 2008. Gland (Suiza) y Málaga (España), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Los bosques cuentan entre los ecosistemas mediterráneos más importantes. Contienen una abundante biodiversidad y proporcionan servicios ambientales variados. Sin embargo, las deficiencias de ordenación, la sobreexplotación, la contaminación, los rápidos y abruptos cambios en el uso de la tierra resultantes del desarrollo económico y de las presiones internacionales de mercado están causando la degradación de los bosques mediterráneos. Estos factores se ven agravados por el cambio climático, que acarrea accidentes extremos tales como las olas de calor, lluvias torrenciales, sequías y tempestades de viento.

Esta publicación multilingüe (en inglés, español y francés) presenta un cuadro fidedigno de la actual situación de los bosques mediterráneos y estudia las tendencias del calentamiento mundial, las lecciones sacadas de los cambios climáticos pasados, los impactos presentes y pronosticados del cambio climático y las medidas de adaptación al cambio climático idóneas para la región. Propone estrategias para hacer frente a problemas específicos, tales como la conservación de los recursos genéticos, la adaptación del paisaje, la creación de capacidad y el refuerzo de la resiliencia social.



La obra se basa en los debates que tuvieron lugar durante el taller sobre «Adaptación al cambio climático en la conservación y gestión de los bosques mediterráneos», celebrado por la UICN y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) en Grecia en abril de 2008. La Declaración de Atenas sobre Adaptación al cambio climático en la conservación y gestión del bosque mediterráneo, hecha por los participantes, figura en un anexo final.

Gracias a los aportes en materia de edición proporcionados por organizaciones internacionales como la FAO, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), gobiernos, gestores forestales y usuarios, institutos de investigación y el sector privado, *Adaptación al cambio global* representa un primer paso en la creación de un programa de trabajo y estrategia conjuntos sobre adaptación de los bosques mediterráneos al cambio climático.

Utilización de la madera para la mitigación del cambio climático

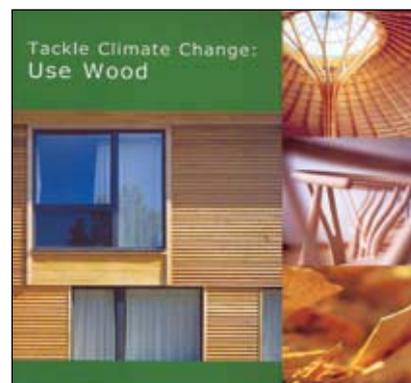
Tackle climate change: use wood. 2006. Bruselas (Bélgica) Confederación Europea de las Industrias de la Madera (CEI-Bois).

Este libro, rico en hermosas ilustraciones, expone los argumentos ambientales que fundamentan la utilización de la madera como medio destinado mitigar los efectos del cambio climático. Evalúa el impacto ambiental en cuanto a emisiones de CO₂ de diferentes materiales, y muestra los ahorros de CO₂ realizables gracias al uso de la madera. Examina el ciclo ecológico de los productos madereros y no madereros, haciendo hincapié en los beneficios ambientales y socioeconómicos derivados del uso de la madera en un contexto europeo. Dicho contexto se ha construido con información previa relativa a los bosques y la industria europea de la madera y se apoya en hechos y cifras.

El enfoque de la obra es pragmático y progresista. Según estimaciones de CEI-Bois, un aumento anual del 4 por ciento en el consumo de madera en Europa representaría una absorción adicional de 150 millones de toneladas de CO₂ por año, y equivaldría, como valor de mercado en concepto de este servicio ambiental, a alrededor de 1 800 millones de EUR anuales.

El texto, de redacción clara y vivaz, se complementa con más de 60 fotografías en color y gráficos y cuadros sencillos de leer. Las últimas páginas del libro incluyen definiciones de términos y referencias a la literatura adicional.

Este producto de elevada calidad solicita la atención del lector, y



pretende introducir a un público amplio en el conocimiento de los beneficios del uso de la madera. También será valioso para los profesionales del sector forestal que buscan una reseña concisa y exhaustiva.

Tackle climate change: use wood también está disponible en línea en: www.cei-bois.org

Problemas relacionados con la verificación en el comercio de la madera

Legal timber: verification and governance in the forest sector. D. Brown, K. Schreckenberg, N. Bird, P. Cerutti, F. Del Gatto, C. Diaw, T. Fomété, C. Luttrell, G. Navarro, R. Oberndorf, H. Thiel y A. Wells. s.f. Londres, Reino Unido, Instituto de Desarrollo de Ultramar. ISBN 978-0-85003-889-7.

Esta obra se concentra en un tema de interés actual en la política forestal internacional: cómo verificar la legalidad del comercio de madera de manera que se satisfagan tanto los intereses de los productores como las preocupaciones sociales y ambientales de la sociedad civil y de los consumidores. La cuestión no es solo técnica; el concepto de verificación plantea interrogantes que implican la existencia de un equilibrio entre los derechos soberanos de los Estados productores y la función desempeñada por los bosques, considerados como bienes públicos indispensables. Además, estos asuntos engloban intereses nacionales e internacionales.

Legal timber se basa en las conclusiones del proyecto VERIFOR, una iniciativa de investigación en colaboración en la que participan asociados de Europa, África, América Latina y Asia. Tras una introducción al concepto de verificación y un examen de cómo ha evolucionado la política con la que se busca hacer frente al aprovechamiento ilegal de la madera, la publicación presenta estudios de caso de sistemas de verificación en una docena de países: Brasil, Camboya, Camerún, Canadá, Costa Rica, Ecuador, Ghana, Honduras, Indonesia, Malasia, Nicaragua y Filipinas.

La publicación examina seguidamente temas como la propiedad de los sistemas de verificación, el fundamento jurídico de la verificación, la independencia, las repercusiones ambientales, la relación entre certificación y verificación, y las tecnologías y procesos de partes interesadas múltiples encaminados a una mejor gobernanza forestal. Por último, propone algunos principios para el diseño de sistemas de verificación forestal eficaces.

La publicación es fruto de una labor de colaboración entre el Instituto de Desarrollo de Ultramar y el Centro Agronómico Tropical

de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) y el Centro Regional de Formación Forestal Comunal para Asia y el Pacífico.

Aunque el asunto tratado es específico del sector forestal, las preguntas formuladas en esta publicación proyectan luz sobre cuestiones más amplias relacionadas con las reformas de gobernanza. La obra será de interés para quienes se ocupan de gobernanza forestal y gestión de los recursos extractivos, certificación comercial y etiquetado, política ambiental y desarrollo participativo.

Potencial comercial de los productos forestales no madereros

Comercialización de productos forestales no maderables: factores que influyen en el éxito. Conclusiones del estudio de México y Bolivia e implicancias políticas para los tomadores de decisión. E. Marshall, K. Schreckenberg y A.C. Newton. 2006. Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (CMVC-PNUMA). ISBN 92-807-2678-1.

Para muchas comunidades del mundo, los productos forestales no madereros (PFNM), incluyendo las nueces, resinas, frutos, aceites y especias, son una importante fuente de recursos nutritivos y de ingresos. Este libro, que se basa en experiencias de México y Bolivia, estudia los procesos de comercialización de PFNM, y examina el acceso al mercado, las cadenas de valor y la posible contribución de la comercialización a la ordenación forestal sostenible.

La obra comienza explicando cómo fueron recogidos los datos cuantitativos y cualitativos y su integración en los análisis.

Los autores sostienen que los PFNM pueden representar más que una red de seguridad, y analizan la forma en que, gracias a estos productos, se consigue mejorar los niveles de ingreso y de vida y forjar un marco para su comercialización. Se proporcionan indicaciones para gestionar los costos de transacción, mantener relaciones de trabajo con organizaciones no gubernamentales (ONG) y realizar evaluaciones del impacto ambiental.

Producido gracias a una iniciativa en colaboración del Instituto de Desarrollo de Ultramar, el CMVC-PNUMA, la Universidad de Bournemouth y asociados de México y Bolivia, *Comercialización de productos forestales no maderables: factores que influyen en el éxito* evalúa la viabilidad, sostenibilidad y potencial de alivio de la pobreza de los proyectos de comercialización y ofrece instrumentos de apoyo para una toma de decisiones eficaz por parte de ONG y otros agentes.

