

Cuarta Parte

Otros Temas Importantes

Esta parte aborda los temas generales del cambio global que probablemente afecten la supervivencia de muchos PSC, en tanto introducen nuevas amenazas o alteran la intensidad de amenazas existentes, y tienen implicaciones para el manejo de la conservación. También se incluyen aquí asuntos críticos como el desarrollo de capacidades y la información pública sobre la importancia y el valor de los PSC, y la necesidad de apoyar su conservación.

Adaptación al cambio global

Es evidente que ha habido una transformación profunda en el ambiente de la Tierra, no debida a las grandes fuerzas de la naturaleza o a poderes extraterrestres, sino a la cantidad de personas que habitan en ella y a sus actividades –el fenómeno del cambio global (Steffen et al. 2004).

Las implicaciones del cambio climático para el ambiente y la sociedad dependen no sólo de la respuesta del sistema terrícola a cambios en los forzamientos radiativos, sino también de cómo responda el ser humano modificando sus tecnologías, economías, estilos de vida y políticas (Moss et al. 2010).

Hasta hace poco, la conservación de la biodiversidad se había basado en el supuesto de que vivimos en un mundo dinámico con cambios lentos. Este supuesto se debe reconsiderar a la luz del cambio acelerado al que está sometido nuestro planeta. A estos cambios nos referimos colectivamente como cambio global. Los principales componentes de este cambio se resumen en el Recuadro 14.1. Actualmente, el cambio climático está atrayendo una gran cantidad de interés, tanto científico como público, debido a sus implicaciones para la seguridad alimentaria, la salud, las economías mundiales y nacionales, y nuestros estilos de vida. Pero es importante reconocer que otros componentes del cambio global, como el crecimiento de la población, los cambios en los hábitats, la deforestación y la degradación, también tendrán un efecto grande en el planeta e igualmente interactuarán con el cambio climático. Este capítulo considera primero los impactos del cambio climático en la biodiversidad, especialmente en los PSC, y luego los efectos de otros aspectos del cambio global.

Recuadro 14.1 Principales componentes del cambio global

Cambios en la población

- movimientos y migraciones de las poblaciones humanas
- crecimiento demográfico
- cambios en el patrón de las poblaciones.

Cambios en el uso de la tierra y los regímenes de perturbación

- deforestación
- degradación, simplificación o pérdida de hábitats
- pérdida de biodiversidad.

Cambio climático (como lo define el IPCC)

- cambios de temperatura
- cambios atmosféricos (gases de invernadero: dióxido de carbono, metano, ozono y óxido nitroso).

Otros factores relacionados con el clima

- distribución de la deposición de nitrógeno
- deposición de polvo atmosférico (incluyendo polvo marrón y polvo amarillo)
- acidificación de los océanos
- contaminación ambiental en las mega ciudades.

Cambio climático y conservación de la biodiversidad

El cambio climático acelerado ha generado recientemente mucha atención, publicidad y preocupación. Diversos documentos han avivado el debate, entre ellos 'La economía del cambio climático' (*The Economics of Climate Change*; Stern 2007), los informes del IPCC (IPCC 2007) y 'Afrontando el cambio climático: evitando lo inmanejable y manejando lo inevitable' (*Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*; Bierbaum *et al.* 2007). Estos estudios junto con muchos otros descubrimientos en la literatura, presentan un panorama de impacto climático grande, serio y dañino para nuestro estilo de vida y para la biodiversidad en el corto, mediano y largo plazos. Los patrones de cambio climático global, actuales y pronosticados, son una de las mayores causas de preocupación en muchos campos de la biodiversidad y la agrobiodiversidad, la planeación de la conservación, la socio economía, la ecología y la política.

Aunque la evidencia del cambio climático es abrumadora, todavía tenemos incertidumbres y grandes vacíos de conocimiento que debemos resolver (Schiermeier 2010). Mientras que las tendencias generales reveladas por el uso de modelos generales de circulación (MGC) son evidentes, tienen una precisión de solamente una resolución de 1 a 3° en latitud y longitud, y los detalles no son muy exactos a escala regional y local. También hay problemas con el uso de los modelos bioclimáticos para estimar las posibles migraciones de las especies, como se discute más adelante. Esto dificulta la planeación de estrategias de adaptación o mitigación. Necesitamos estimativos de cambios en la biodiversidad que sean suficientemente precisos para permitirnos hacer los ajustes necesarios en el manejo de las poblaciones y en la conservación. En respuesta a estas inquietudes, Moss *et al.* (2010) desarrollaron un conjunto de escenarios para la siguiente generación en la investigación y evaluación del cambio climático.

Otro problema grave es que no tenemos ninguna certeza de hasta qué punto podemos permitir que el cambio global continúe hasta alcanzar un punto de no retorno; o como lo ha descrito un estudio reciente, transgredir las fronteras planetarias con un cambio ambiental inaceptable (Rockström *et al.* 2009a, 2009b).

Ya tenemos buena evidencia de cambios fenológicos recientes –tiempo a la emergencia de brotes, floración, fructificación, etc.– atribuibles al cambio climático (Cleland *et al.* 2007) y de cambios en el rango altitudinal de las especies y comunidades (como Parolo y Rossi 2007; Lenoir *et al.* 2008). Si estas tendencias continúan aumentando, el impacto en la biodiversidad será significativo.

Ya se han publicado innumerables estudios del impacto del cambio global –y más específicamente del cambio climático– a nivel global regional y nacional. El impacto en la vida de las plantas está muy bien estudiado en partes de Europa (por ejemplo, Thuiller *et al.* 2005; MACIS 2008; EEA/JRC/WHO 2008; Berry 2008; Araújo 2009; Heywood 2009) donde se ha estimado que hasta la mitad de las especies vegetales pueden estar en riesgo debido al cambio climático. Pero, como se observa a continuación, se han realizado muy pocos estudios sobre la suerte que podrían correr los PSC.

Los cambios en los regímenes de temperatura y de precipitación que se registrarán en las décadas venideras probablemente afecten muchos procesos biológicos, incluyendo la distribución de las especies. Los datos empíricos y los colectados a través de la observación dan testimonio de los cambios recientes en la distribución y los rangos altitudinales de las especies, y de cambios en la fenología y regímenes de perturbación que se pueden atribuir al cambio climático. Éstos van a continuar o se van a intensificar en las décadas venideras y exigirán que adaptemos nuestras

estrategias actuales de conservación de la biodiversidad o adoptemos nuevas estrategias. En relación con los PSC, el impacto del cambio climático (y de otros aspectos del cambio global) será crítico en las áreas protegidas y en la distribución de las especies.

En cuanto a lo que se espera que ocurra en los países del Proyecto CPS, en el Recuadro 14.2 se resumen las consecuencias esperadas del cambio climático en Armenia. Hannah *et al.* (2008) hacen una proyección del cambio climático proyectado y de las respuestas en Madagascar. Virah-Swamy (2009) propone estrategias para mantener la biodiversidad en Madagascar a pesar del cambio global.

Cambio climático y áreas protegidas

La conservación *in situ* de los PSC tendrá lugar principalmente en algún tipo de área protegida, por lo cual resulta inquietante el efecto que el cambio global pueda tener en estas áreas. Evidentemente, el impacto proyectado en las áreas protegidas de muchas partes del mundo nos obligará a repensar su papel en la conservación de la biodiversidad. Las fronteras políticas de las áreas protegidas están establecidas, pero no las del paisaje biológico (Lovejoy 2006). Es muy difícil que un sistema fijo de áreas protegidas responda al cambio global y habrá que volver a plantear el diseño de estas áreas si han de sobrevivir y seguir siendo efectivas. El cambio climático tiene, por tanto, grandes implicaciones no sólo para las áreas protegidas sino para el manejo de las áreas protegidas y sus administradores (Schliep *et al.* 2008). Los administradores de áreas protegidas han tendido a adoptar procedimientos de mínima intervención, pero el cambio climático los obligará a reevaluar los objetivos de manejo, a prestar atención al mantenimiento de la salud del ecosistema y a las necesidades de conservación de las especies objetivo, y a prepararse para intervenciones de manejo más frecuentes y más intensivas (Hagerman y Chan 2009). Una estrategia integral debe incluir (Ervin *et al.* 2010):

- *Mejores vínculos entre áreas protegidas:* creando corredores biológicos que permitan que las especies se muevan y que los genes fluyan desde un área protegida o conservada hacia otra
- *Mejor manejo de las áreas protegidas:* administrando mejor las áreas protegidas existentes para garantizar la supervivencia de las especies dentro de estas áreas, y la persistencia de otros hábitats intactos y de especies dentro de hábitats intactos
- *Mejor diseño de las áreas protegidas:* garantizando que el diseño, la distribución y la configuración faciliten la supervivencia de las especies y mejoren la conectividad con el paisaje circundante
- *Mejor manejo de la matriz circundante:* estimulando al sector de los recursos naturales a que adopte prácticas que tengan impacto positivo (o por lo menos que no tengan un impacto negativo) en la conservación y la conectividad de la biodiversidad

Recuadro 14.2: Consecuencias del cambio climático en Armenia

De acuerdo con la versión preliminar del segundo comunicado nacional de Armenia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 2009, los modelos de cambio climático predicen que las temperaturas anuales del país aumentarán en 1°C en 2030, 2°C en 2070 y 4°C en 2100. La precipitación disminuirá en 3%, 6% y 9%, respectivamente. Estas consecuencias pueden afectar fundamentalmente las ramas de la economía que dependen del clima. El cambio climático global y los cambios micro climáticos internos en el territorio de Armenia podrían tener las siguientes consecuencias:

- Los modelos de vulnerabilidad de los ecosistemas de montaña de Armenia al cambio climático, durante los próximos 100 años, prevén un desplazamiento de los bordes de las zonas de paisaje, de 100 a 150 metros hacia las partes más altas de la montaña. La zona entre desértica y semidesértica se expandirá en un 33%. El cinturón de las estepas se ampliará en un 4% y se desplazará hacia arriba de 150 a 200 m, transformando las comunidades vegetales de la estepa. El borde inferior del cinturón de bosque también se desplazará hacia arriba de 100 a 200 m. El área del cinturón subalpino se reducirá, en promedio, en 21% y la del cinturón alpino en 22%.
- En las condiciones proyectadas de aumento de temperatura y disminución de precipitación, se puede esperar un aumento de la aridez del clima y una intensificación de los procesos de desertificación.
- En el escenario aceptado del cambio climático, se espera una disminución del 15% en el caudal anual de los ríos y un aumento entre el 13 y el 14% en la evaporación de la superficie del Lago Sevan.
- Con el cambio de las características climáticas proyectado, la productividad agrícola de Armenia se podrá reducir de 8 a 14%. La productividad de los cereales se reducirá en promedio entre 9 y 13%, la de hortalizas entre 7 y 14%, la de papa entre 8 y 10%, la de frutas entre 5 y 8%. La productividad de las uvas resistentes al calor podría aumentar entre 8 y 10%.

Fuente: Centro de información sobre cambio climático de Armenia (Climate Change Information Centre of Armenia); <http://www.nature-ic.am/en/consequences>

- *Mejor conectividad para permitir que las especies migren ante el cambio climático: garantizando que las especies tengan un rango más amplio de opciones para desplazarse y adaptarse ante el cambio en las condiciones climáticas.*

Es probable que el cambio climático afecte de diversas maneras las áreas protegidas establecidas para salvaguardar la biodiversidad y los procesos ecológicos. Se espera que el cambio climático obligue a las especies a migrar hacia áreas con temperatura y precipitación más favorables. Es muy probable que especies competidoras, a veces especies invasoras, más adaptadas a las nuevas condiciones climáticas, se tomen el paisaje. Estos desplazamientos podrían dejar algunas áreas protegidas con un hábitat diferente y un ensamblaje de especies distinto de aquel para cuya protección fueron inicialmente desarrolladas (Mansourian et al. 2009).

Diversos estudios sugieren que muchas áreas protegidas sufrirán pérdidas de especies entre moderadas y sustanciales, y algunas podrán experimentar pérdidas catastróficas de especies y dejar de ser funcionales. Sin embargo, la evidencia es todavía equívoca y es probable que permanezca así mientras siga habiendo incertidumbre en cuanto a la escala y la extensión del cambio en las condiciones climáticas y otros factores. Por ejemplo, Araújo *et al.* (2004) hicieron una evaluación de la capacidad de los métodos existentes de selección de reservas para garantizar las especies en el contexto del cambio climático, utilizando las distribuciones en Europa de 1200 especies vegetales y considerando dos escenarios extremos de respuesta al cambio climático: no dispersión y dispersión universal. Los resultados indicaron que entre 6 y 11% de las especies incluidas en los modelos posiblemente desaparecerían de algunas reservas en un período de 50 años. Un estudio de Hannah y Salm (2003) sobre las necesidades de las áreas protegidas en el contexto del cambio climático concluyó que estas áreas pueden ser una estrategia de conservación importante en un escenario de cambio climático moderado, y que las acciones tempranas pueden ser más efectivas y menos costosas que no hacer nada o demorar la acción. En las tres áreas observadas (México, la Región Florística del Cabo en África del Sur y Europa occidental), el estudio mostró que las áreas protegidas siguen siendo efectivas en las etapas iniciales del cambio climático, mientras que la adición de nuevas áreas protegidas o la ampliación de las existentes en el futuro podría mantener las especies protegidas durante décadas y siglos.

Un informe del Secretariado del CDB (2009) observa que ‘una evaluación de las regiones ecológicas en peores condiciones de riesgo debido a las tendencias del cambio climático, actuales y proyectadas, podría sugerir que conservar el 10% de las regiones ecológicas es un umbral muy pequeño para prevenir extinciones adicionales’.

Posible respuesta de las especies al cambio climático

Se ha hecho mucho esfuerzo para desarrollar herramientas que nos ayuden a predecir el impacto del cambio climático en la distribución futura de las plantas. Entre las preguntas que debemos responder están (Heywood 2009):

- ¿Qué especies podrán rastrear sus rangos climáticos a medida que se desplazan?
- ¿Cuáles no podrán migrar y por qué (falta de capacidad de dispersión o capacidad reproductiva, falta de nichos apropiados, etc.)?
- ¿Cuáles serán las condiciones físicas (clima, suelo) en estos nuevos rangos climáticos?
- ¿Cuáles son las posibles fuentes de inmigrantes (tanto nativos como exóticos) en muchas regiones? Es decir, ¿de dónde vendrán las especies que ocupen los nuevos hábitats?
- ¿Cómo será la diversidad biótica? Es decir, ¿qué combinaciones o ensamblajes de especies (plantas, animales, microorganismos, polinizadores, etc.) prosperarán en el nuevo hábitat?
- ¿Podrán los nuevos ensamblajes (emergentes) suministrar valores similares de servicios ambientales (incluyendo polinizadores) a los que están reemplazando?

Las plantas tienen tres posibilidades frente al cambio climático: adaptarse, migrar o extinguirse.

Modelos bioclimáticos

La herramienta que normalmente se utiliza para predecir el impacto del cambio climático son los *modelos bioclimáticos*. Los modelos bioclimáticos (modelos de rango bioclimático) son un caso especial de modelos de nicho ecológico o de distribución. La mayoría de los pronósticos actuales sobre migración de las plantas en el futuro usan el 'rango climático' o técnicas de modelación bioclimática (Nix 1986; Guisan y Thuiller 2005), tomando como base el rango actual de clima de la especie para proyectar la distribución en el futuro. Los modelos son simplificaciones de la realidad y ayudan para la investigación, principalmente, como lo señalan Thuiller *et al.* (2008). Los modelos bioclimáticos combinan modelos computarizados del clima actual con información sobre la distribución actual de las especies para establecer un modelo de nicho bioclimático (también conocido como nicho edáfico, fundamental, ambiental o de Grinnellian). Este modelo de parámetros ambientales óptimos se ajusta a un rango de escenarios climáticos futuros para establecer posibles cambios en el óptimo ambiental para las especies. Aunque se les conoce como predicciones, su verdadero papel es proporcionar parte de la información base para hacer predicciones de cambios futuros.

Los modelos bioclimáticos se han utilizado ampliamente en Europa y se aplican también en otras partes del mundo. No existe un enfoque estándar y permanentemente se están desarrollando nuevas técnicas.

Aunque podemos usar varios tipos de modelos para predecir las posibles migraciones de las especies hacia 'nuevos' rangos climáticos, lo que no podemos

hacer con los modelos existentes es predecir cómo será la nueva cobertura vegetal o las condiciones ambientales generales en áreas impactadas por el cambio climático. Esto se aplica tanto a las áreas abandonadas como a las colonizadas, una distinción que generalmente no se hace pero que puede ser muy crítica en algunas partes de Europa como el Mediterráneo, como ya se mencionó. Puesto que la probabilidad de las especies migratorias de sobrevivir y multiplicarse dependerá del contexto ambiental al que lleguen, para no mencionar los factores estocásticos que puedan intervenir, tenemos que aceptar que nuestro conocimiento actual de las consecuencias del cambio climático es muy limitado y dependiente a veces de poco más que especulaciones inteligentes. Si a esto le añadimos el nivel de incertidumbre que aún rodea los detalles de la extensión del cambio climático y su impacto a nivel local, la mayoría de nuestra planeación debe tener una base amplia que no sea específica para una localidad, como modificar o mejorar nuestros sistemas de áreas protegidas, o preventiva, como emplear enfoques complementarios ex situ (Heywood 2009).

En el contexto de la agrobiodiversidad, sería muy importante poder predecir los efectos del cambio climático en la distribución y supervivencia de las especies objetivo de importancia económica, los parientes silvestres o los cultivos. Uno de los pocos estudios que se ha publicado hasta ahora (Lane y Jarvis 2007; Jarvis *et al.* 2008) usó datos climáticos actuales y proyectados para el futuro (~2055), y un modelo de rango climático (CEM, de su nombre en inglés) de distribución de especies para predecir el impacto del cambio climático en los parientes silvestres de tres importantes cultivos alimenticios del mundo: maní (*Arachis*), papa (*Solanum*) y caupí (*Vigna*). Los autores consideraron tres escenarios de migración para modelar el rango de los desplazamientos (ilimitado, limitado y sin migración) y encontraron que el cambio climático afectaba fuertemente todos los taxones, estimando que entre 16 y 22% de las especies se extinguirían y que la mayoría de las especies perderían más de 50% del tamaño de su área de distribución.

Los CEM se han utilizado para indicar posibles cambios en la distribución de *Pinus kesiya* y *P. merkusii* en el sudeste de Asia, y sus posibles implicaciones para la conservación y el uso de sus recursos genéticos (van Zonneveld *et al.* 2009a). El modelo mostró que la especie *P. kesiya* podría ocurrir, además de las áreas en donde se han registrado poblaciones naturales de ella, en otras localidades de Myanmar, el nororiente y sur de Tailandia, en la República Democrática Popular de Laos y en el suroccidente de Camboya, donde ocurre naturalmente. Además, las provincias indonesias de Java y Nusa Tenggara, que están por fuera de su rango de distribución natural registrado, parecen tener un clima apropiado para la especie. El rango climático de *P. merkusii* coincide con la distribución observada de la especie en el interior del sudeste de Asia y en Sumatra, sugiriendo que el clima de varias partes del archipiélago malayo y del norte de Australia sería apropiado para *P. merkusii*, por fuera de su rango de distribución.

Otro estudio, hecho por van Zonneveld *et al.* (2009b), de las predicciones del impacto del cambio climático en las poblaciones de dos importantes especies de plantaciones forestales, *Pinus patula* y *Pinus tecunumanii*, en México y América Central, utilizando CEM, encontró que el cambio climático tiene un impacto significativo en la distribución natural de las dos especies de pino. Sin embargo, la evaluación de la capacidad adaptativa de estas especies con base en el análisis de los ensayos de procedencia, realizado para validar los estudios de evaluación del impacto con los CEM, mostró que se desempeñaban bien en un amplio rango de climas, incluyendo condiciones registradas por los CEM como inapropiadas para la ocurrencia natural del pino. Los autores del estudio interpretan estos hallazgos como indicaciones de que las especies de pino están mejor adaptadas al cambio climático en su hábitat natural de lo que los CEM predicen y recomiendan interpretar con cuidado las predicciones de los CEM sobre el impacto del cambio climático.

Lira *et al.* (2009) analizaron los patrones de distribución de ocho parientes silvestres de las cucurbitáceas y sus probabilidades de supervivencia ante el cambio climático, utilizando modelos de rango climático. Los resultados se resumen en el Recuadro 14.3.

Recuadro 14.3 Modelos bioclimáticos aplicados a PSC de México

Utilizando modelos bioclimáticos, se construyeron dos posibles escenarios de cambio climático en México para analizar los patrones de distribución de ocho cucurbitáceas silvestres estrechamente relacionadas con las plantas cultivadas (*Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia*, *C. lundelliana*, *C. pepo* subsp. *fraterna*, *C. okeechobeensis* subsp. *martinezii*, *Sechium chinantlense*, *S. compositum*, *S. edule* subsp. *sylvestre*, y *S. hintonii*). La mayoría de estos taxones tiene distribución restringida. Muchos de ellos también muestran resistencia comprobada a varias enfermedades, que podrían ser críticas para el mejoramiento de sus parientes cultivados. También se evaluó el papel que podría desempeñar el sistema mexicano de áreas protegidas en la conservación de estos taxones. Los resultados mostraron una disminución significativa de la distribución de los ocho taxones en ambos escenarios. También se encontró que, en un escenario de cambio climático drástico, los ocho taxones sobrevivirían en sólo 29 de las 69 áreas protegidas naturales donde actualmente ocurren. Al parecer, la mayoría de los ocho taxones silvestres no tiene mucha probabilidad de sobrevivir con el cambio climático. Estas predicciones desalentadoras se pueden mitigar si se tienen en cuenta la capacidad de estas plantas de mantener poblaciones aisladas de baja densidad durante períodos largos, y la baja resolución de los modelos bioclimáticos.

Fuente: Lira et al. 2009

Un estudio reciente empleando modelos de los cambios en los rangos de distribución de especies de Madagascar, en respuesta al cambio climático venidero, predice que el bosque del litoral desaparecerá (Hannah *et al.* 2008) aunque, según Virah-Sawmy (2009), reconstrucciones paleoecológicas de los últimos 6500 años indican que el bosque del litoral ha permanecido estable durante varios intervalos pronunciados de aridez, que han durado cientos de años, y durante aumentos de 1 a 3 m en el nivel del mar. Para este período no se tuvieron en cuenta los aumentos de temperatura.

Enfoques sin el uso de modelos

Aunque los modelos bioclimáticos son el método más común para indicar la posible respuesta de las especies al cambio climático, se pueden usar otros enfoques para evaluar la vulnerabilidad de las especies con base en sus características biológicas y ecológicas, y otros factores, que determinan su sensibilidad, capacidad adaptiva y exposición al cambio climático (Gran Canaria Group 2006; CDB/AHTEG 2009) (ver Recuadro 14.4).

Recuadro 14.4 Criterios para identificar taxones vulnerables al cambio climático

- Taxones que no tienen hacia dónde desplazarse, porque su hábitat se encuentra en sitios como la cima de una montaña, islas a nivel del mar, latitudes extremas o bordes de continentes
- Plantas con rangos de distribución restringidos como las especies raras y endémicas
- Taxones con poca capacidad de dispersión o períodos generacionales largos
- Especies susceptibles a condiciones extremas como inundación o sequía
- Plantas con un nivel extremo de especialización a su hábitat o nicho, como tolerancia estrecha a las variables de sensibilidad climática
- Taxones que han coevolucionado o que tienen relaciones sincrónicas con otras especies
- Especies con respuestas fisiológicas inflexibles a las variables climáticas
- Taxones clave importantes para la producción primaria o los procesos y funciones del ecosistema
- Taxones con un valor directo para los seres humanos o de posible uso en el futuro.

Fuente: Gran Canaria Group 2006

Pueblos indígenas y cambio climático

El crecimiento de la agricultura sostenible en los países en desarrollo enfrenta retos sin precedentes debido al cambio climático, a mercados de alimentos y energía cada vez más volátiles, a la explotación de los recursos naturales y a una creciente población con aspiraciones de alcanzar un mejor estándar de vida, Mark Rosegrant, Director de Tecnología Ambiental y Producción del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI, de su nombre en inglés) (2010).

Los pueblos indígenas que dependen de la agricultura tradicional estarán entre los grupos más severamente afectados por el cambio climático, aunque su dependencia de una diversidad de cultivos locales y variedades tradicionales podría darles alguna garantía ante las grandes pérdidas. Su posible rol en la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático se discuten en el Recuadro 14.5. En un informe preparado por la Agencia Internacional de Análisis Ambiental [*Bureau of Environmental Analysis (BEA)*]

Recuadro 14.5 Los pueblos indígenas y la agenda del cambio climático

Los pueblos indígenas han desempeñado un papel clave en la mitigación y adaptación al cambio climático. Los territorios de los grupos indígenas a los que se les han otorgado derechos sobre sus tierras han sido mejor conservados que las tierras adyacentes (por ejemplo en Brasil, Colombia, Nicaragua, etc.). La preservación de grandes extensiones de bosques no sólo apoyaría los objetivos del cambio climático, sino que respetaría los derechos de los pueblos indígenas conservando al mismo tiempo la biodiversidad. Una agenda de cambio climático en la que participen ampliamente los pueblos indígenas tiene muchos más beneficios que si sólo involucra a los gobiernos y al sector privado. Los pueblos indígenas son uno de los grupos más vulnerables a los efectos negativos del cambio climático. Además, son una fuente de conocimiento de las múltiples soluciones necesarias para evitar o aliviar estos efectos. Por ejemplo, los territorios ancestrales son ejemplos excelentes de un diseño paisajístico que puede resistir los efectos negativos del cambio climático. Durante miles de años, los pueblos indígenas han desarrollado modelos de adaptación al cambio climático, y desarrollado variedades genéticas de plantas medicinales, de otras plantas útiles, y de razas animales con un mayor rango natural de resistencia a la variabilidad climática y ecológica.

Fuente: Sobrevila 2008

International] se presentan ejemplos del uso del conocimiento tradicional para diseñar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, como siembra de árboles, medidas de conservación, manejo de recursos naturales y buenas prácticas de uso de la tierra en Kenia, África del Sur, Botsuana, Gana y Nigeria (Karani *et al.* 2010). La conservación *in situ* de los PSC como parte de estas medidas sería una situación de ganancia para todos.

Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+, de su nombre en inglés)

Considerando que la tala y degradación de los bosques es responsable de aproximadamente 17% de las emisiones mundiales de gases de invernadero, de acuerdo con datos del IPCC, los esfuerzos para reducir estas emisiones son un componente esencial de las estrategias de adaptación al cambio climático. El Programa de las Naciones Unidas de Reducción de las Emisiones Debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal (Programa UNREDD, de su nombre en inglés) es un mecanismo que genera incentivos para que los países en desarrollo con recursos forestales protejan y manejen mejor sus bosques, contribuyendo así a la lucha mundial contra el cambio climático. REDD+ va más allá de reducir la deforestación y la degradación de los bosques para reducir las emisiones; sus estrategias incluyen conservación, manejo forestal sostenible y aumento de inventarios forestales de carbono. El objetivo es hacer que los bosques en pie valgan más que la madera que se obtendría talándolos, y asignarle un valor económico al carbono almacenado en los árboles en pie (Katerere 2010).

Se ha sugerido que las áreas protegidas en territorio indígena (APTÍ) deben hacer parte de las estrategias gubernamentales de REDD (Ricketts *et al.* 2010). Los autores sugieren que los gobiernos nacionales tomen las siguientes medidas para incluir las APTÍ efectivamente en las estrategias de REDD:

- identificar los sitios donde el establecimiento o el fortalecimiento de las APTÍ reduciría las emisiones más efectivamente
- como medida urgente, establecer esquemas nacionales de monitoreo para medir tasas de deforestación y cuantificar la reducción en las emisiones de carbono (compara con el sistema brasileño de monitoreo mediante teledetección), y
- establecer seguros, para asumir entre todos el riesgo de que la tala ilegal o los incendios inviertan las ganancias de las APTÍ.

Pero, como lo señalan los autores, también es esencial conseguir que los gobiernos le den a los grupos indígenas y las comunidades locales la información y las capacidades que necesitan para participar, y que los pagos se distribuyan de manera transparente para recompensar a quienes reduzcan las emisiones.

Cambio global, agricultura y seguridad alimentaria

Aunque muchos consideran que aumentar la productividad agrícola mundial ha sido una historia exitosa, los beneficios de este logro no se comparten de manera equitativa. Los más pobres entre los pobres han ganado muy poco o nada, y todavía hay 850 millones de personas con hambre o mal nutridas, cifra que aumenta en 4 millones cada año. Estamos llevando a la mesa alimentos baratos en apariencia, no siempre sanos y que nos cuestan muy caro en términos de agua, suelo y diversidad biológica –elementos de los que depende nuestro futuro (Watson 2008).

Es evidente que hay que mejorar sustancialmente la producción de los cultivos actuales para aumentar los rendimientos y tener una agricultura sostenible, lo cual se debe hacer sin aumentar el área agrícola ni exacerbar el cambio climático. Para lograr estos objetivos, se necesitan todos los medios y técnicas que puedan hacer los programas de fitomejoramiento más eficientes, incluyendo un uso más extensivo de la diversidad genética disponible en los PSC. Como lo observa el 'Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010: Desarrollo y Cambio Climático'¹, 'las arvenses compañeras y los parientes silvestres de los cultivos actuales retienen mayor diversidad genética y pueden ser una base útil para mejorar la plasticidad de los cultivos y su adaptabilidad a las condiciones cambiantes –algunas arvenses compañeras, por ejemplo, prosperan en condiciones de mayores concentraciones de CO₂ y temperaturas más altas'. Una de las principales razones para conservar los PSC es que los fitomejoradores tengan disponibilidad de variabilidad genética para generar cultivares nuevos en respuesta a las condiciones del cambio climático. Las razas nativas tradicionales también serán una fuente importante de genes para obtener nuevos cultivares adaptados a las condiciones de estrés ambiental abiótico que se puedan esperar como resultado del cambio climático. Como lo plantean Semenov y Halford (2009), 'los fitomejoradores seleccionan nuevos cultivares de los cultivos agrícolas que estén mejor adaptados a determinado ambiente, utilizando los recursos disponibles de manera óptima. Pero los cultivares que se recomiendan actualmente podrían no ser adecuados si cambia el clima. La selección de nuevos cultivares generalmente toma entre 10 y 12 años, si se conocen los caracteres objetivo y está disponible el ambiente en el que se ensayarán las nuevas líneas. Ante la perspectiva del cambio climático acelerado, los fitomejoradores no tienen acceso a las condiciones climáticas del futuro cercano para realizar los ensayos de campo, y no saben qué caracteres podrían ser importantes dentro de 15 a 25 años'.

Sabemos que las principales fuentes del crecimiento agrícola del siglo XX se están agotando. En teoría, el área agrícola mundial se podría ampliar en un 80%, pero la mayoría de las tierras no utilizadas son poco apropiadas para la agricultura productiva. Sólo África y América Latina tienen reservas significativas de tierras apropiadas. En muchos cordones de producción de granos, especialmente en Asia, la provisión de agua dulce para riego se está agotando. Los potenciales de rendimiento

de los principales cultivos alimenticios se han estancado, aunque los rendimientos todavía se podrían mejorar un poco con métodos convencionales' (Koning y van Ittersum 2009).

El cambio climático y los recursos genéticos forestales

Se calcula que el cambio climático va a tener un efecto significativo en las especies forestales y sus PSC, puesto que muchos de ellos ya han sido afectados por factores no climáticos como la pérdida o fragmentación del hábitat, con la consecuente pérdida de diversidad genética en sus poblaciones (Bawa y Dayanandan 1998). Estos efectos incluyen temperaturas más altas, cambios en los patrones de precipitación, eventos climáticos extremos, sequías prolongadas que conducirán a una mayor incidencia de incendios forestales, y cambios en la fisiología y el éxito reproductivo de las especies arbóreas (Rimbawanto 2010).

Respuestas estratégicas y nuevas estrategias de conservación

Como hemos visto, los enfoques convencionales para la conservación de la biodiversidad pueden no ser una estrategia suficientemente amplia para combatir los efectos del cambio climático. Se están considerando una cantidad de enfoques nuevos, que incluyen el controversial enfoque conocido como *traslocación de especies asistida por el ser humano*. La traslocación de las poblaciones de una especie asistida por el ser humano como medio para contrarrestar la pérdida de biodiversidad causada por el cambio global es un enfoque muy reciente que se está proponiendo para situaciones en las que se considere probable que la tasa de cambio, la existencia de obstáculos o barreras, o la falta de hábitats continuos apropiados estén previniendo la migración natural. Conocido también como *migración asistida* (McLachlan *et al.* 2007) o *colonización asistida*² (Hunter 2007; Hoegh-Guldberg *et al.* 2008), es un emprendimiento complejo y posiblemente costoso, cuyos costos se deberán analizar en comparación con sus beneficios, y usarlo quizás sólo en circunstancias excepcionales. Como lo señalan McLachlan *et al.* (2007), mover especies hacia nuevos ambientes es un tema polémico y puede involucrar muchos riesgos, puesto que el proceso es complejo e involucra consideraciones no sólo científicas, técnicas y económicas, sino también sociológicas y éticas.

Seddon *et al.* (2009), por ejemplo, afirman que 'los llamados a tomar medidas proactivas de conservación deben considerar que actualmente existen grandes incertidumbres, no sólo en las predicciones del cambio climático y la consecuente respuesta de las especies, sino también en nuestro conocimiento de los requerimientos de hábitat de las especies y de los efectos de las traslocaciones en las funciones del ecosistema'. Ricciardi y Simberloff (2009) argumentan en contra de la colonización asistida como estrategia de conservación fiable basándose en que (1) la traslocación de especies puede

erosionar la biodiversidad y perturbar los ecosistemas; (2) las introducciones planificadas conllevan grandes riesgos; (3) las evaluaciones de riesgos y los marcos de trabajo para la toma de decisiones no son confiables; y (4) la falta de capacidad para predecir la capacidad invasiva de las especies indica que la colonización asistida es un juego de azar ecológico y se debe evitar, como principio de precaución.

Pero la migración asistida por el ser humano también tiene seguidores: Richardson *et al.* (2009), por ejemplo, consideran que su importancia como estrategia de conservación va a aumentar a medida que el cambio global ocurra y que no se debe considerar *a priori* como el último recurso, sino como un recurso en un portafolio de opciones. Evidentemente, la migración asistida requiere un marco de trabajo de políticas sólidas y bien pensadas antes de emprenderla ampliamente como respuesta de manejo al cambio global. Si bien puede ser válida para los PSC de mayor importancia, es poco probable que se vuelva componente importante de las estrategias de conservación de PSC.

Otros componentes del cambio global

Aunque en los últimos años se ha enfatizado el impacto pronosticado del cambio climático, hay que reconocer que el mundo está experimentando los efectos del cambio global que, como lo observan Steffen *et al.* (2004), 'es mucho más que un cambio climático. El cambio es real, está sucediendo ahora y se está acelerando'.

Cambios en las poblaciones

Los cambios en las poblaciones se refieren tanto a cambios en el *patrón de distribución* de las poblaciones humanas como en el *crecimiento demográfico*. Factores sociales, económicos, políticos y de salud pueden generar migraciones en gran escala de poblaciones humanas. La guerra y los conflictos civiles pueden dejar devastadas o inútiles grandes superficies de tierra, y causar grandes migraciones humanas, afectando así los ecosistemas naturales y agrícolas involucrados y su biodiversidad. En 2008, más de la mitad de la población del mundo (aproximadamente 3,300 millones de personas) vivía en áreas urbanas, y cada día unas 160,000 personas abandonan las áreas rurales para migrar a las ciudades (United Nations 2006; UNFPA 2007). Comparativamente, se espera que la población rural del mundo disminuya en unos 28 millones de personas entre 2005 y 2030, de manera que el crecimiento futuro de la población del mundo se dará en pueblos y ciudades. Los niveles de urbanización están aumentando, especialmente en los países menos desarrollados: en 2000, aproximadamente 40% de las personas de los países menos desarrollados vivía en áreas urbanas, pero se anticipa que esta proporción aumente a 54% en 2025.

Cambios en el uso de la tierra y en los regímenes de perturbación

En el curso de los últimos 100 años, los cambios en la cobertura del suelo y el uso de la tierra se han acelerado principalmente en concordancia con el crecimiento demográfico humano, como resultado de la industrialización, la intensificación de la agricultura, el abandono de las prácticas agrícolas tradicionales, el desplazamiento de la población lejos de sus tierras y muchos otros factores.

Las prácticas de uso de la tierra alteran algunas veces los regímenes naturales de perturbación que generan patrones complejos de hábitat que las plantas y animales nativos necesitan para sobrevivir. Si las prácticas de uso de la tierra cambian la frecuencia, el tamaño y la intensidad de las perturbaciones naturales (como inundaciones, incendios, sequías y otros eventos climáticos extremos), el funcionamiento del ecosistema se verá afectado y se podrán desarrollar comunidades con una composición bastante diferente. La deforestación y otras formas de destrucción o degradación del hábitat siguen siendo la principal causa de la pérdida de biodiversidad.

El turismo

A pesar de ser temporal, el turismo anual es otra forma de migración de la población. El aumento del turismo ha conllevado desarrollos urbanos y turísticos masivos, con los consecuentes efectos infraestructurales. Se estima que las emisiones de dióxido de carbono del sector turístico representen entre 4 y 6% de las emisiones totales y los cambios en los patrones climáticos pueden alterar tales flujos de turismo en los sitios donde el clima es de primordial importancia, como en el norte de Europa, el Mediterráneo y el Caribe. Esto hará los destinos costeros y de montaña –en los países menos desarrollados y en las naciones que se desarrollan en pequeñas islas– particularmente vulnerables al impacto directo e indirecto del cambio climático (como tormentas y eventos climáticos extremos, erosión de la costa, daños físicos a la infraestructura, aumento del nivel del mar, inundaciones, escasez de agua y contaminación del agua), puesto que la mayoría de la infraestructura está ubicada a corta distancia de la costa (UNWTO 2008).

Se estima que la cantidad de refugiados ambientales –‘personas que ya no pueden procurarse un medio de vida en su tierra natal debido a sequías, erosión del suelo, desertificación, deforestación y otros problemas ambientales’ (Myers 1997)– aumente en 200 millones hacia mediados de este siglo. Su efecto en la biodiversidad puede ser considerable puesto que esta población se va a movilizar hacia territorios que no pueden sostenerla o alimentarla sin perturbaciones de gran escala. Los desplazados dependen forzosamente del ambiente que los rodea para conseguir alimentos y leña, lo que a su vez conduce a la degradación o pérdida de los bosques y otra vegetación.

Otras fuentes de información

de Chazal, J. y Rounsevell, M. (2009) 'Land-use and climate change within assessments of biodiversity change: A review', *Global Environmental Change*, vol 19, pp306–315

Heinz Center (2008) *Strategies for Managing the Effects of Climate Change on Wildlife and Ecosystems*, The H. John Heinz III Centre for Science, Economics and the Environment, Washington, DC

Hoegh-Guldberg, O., Hughes, L., McIntyre, S., Lindenmayer, D.B., Parmesan, C., Possingham, H.P. y Thomas, C.D. (2008) 'Assisted colonization and rapid climate change', *Science*, vol 321, pp345–346

IPCC (2007) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido

Lovejoy, T.E. y Hannah, L. (eds) (2004) *Climate Change and Biodiversity*, Yale University Press, New Haven, CT, EEUU y Londres, Reino Unido

SEG (2007) *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*, Scientific Expert Group on Climate Change (SEG), [Rosina M. Bierbaum, John P. Holdren, Michael C. MacCracken, Richard H. Moss, y Peter H. Raven (eds)], informe preparado para la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, Sigma Xi, Research Triangle Park, NC y Fundación de las Naciones Unidas, Washington, DC

Notas

- 1 WDR (2010), Capítulo 3: manejo de la tierra y el agua para alimentar a nueve mil millones de personas y proteger los sistemas naturales (*Managing Land and Water to Feed Nine Billion People and Protect Natural Systems*).
- 2 Hunter usa el término *colonización asistida* en vez de *migración asistida* 'porque muchos ecólogos de la fauna reservan la palabra *migración* para los desplazamientos estacionales de los animales, en viajes de ida y vuelta, [...] y porque la verdadera meta de la traslocación va más allá de asistir la dispersión para garantizar la colonización exitosa, medida que seguramente necesitará ampliar los esfuerzos de cría'.

Referencias

Araújo, M.B. (2009) 'Protected areas and climate change in Europe', Reporte realizado por el profesor Miguel B. Araújo, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España, y 'Rui Nabeiro' Presidente de Biodiversity, CIBIO, Universidad de Évora, Portugal, con contribuciones de la Sra. Raquel García, Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa, Standing Committee, Strasbourg, 25 de junio de 2009, T-VS/Inf(2009)10

Araújo, M.B., Cabezas, M., Thuiller, W. y Hannah, L. (2004) 'Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve selection methods', *Global Change Biology*, vol 10, pp1618–1626

- Bawa, K. y Dayanandan, S. (1998) 'Global climate change and tropical forest genetic resources', *Climate Change*, vol 39, pp473–485
- Berry, P. (2008) 'Climate change and the vulnerability of Bern Convention species and habitats', reporte para el Convenio relativo a la conservación de la vida Silvestre y el medio natural en Europa, Standing Committee, Strasbourg, 16 de junio de 2008, T-PVS/Inf (2008)6 rev
- Bierbaum, R., Holdren, J.P., MacCracken, M., Moss, R.H. y Raven, P.H. (eds) (2007) *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*, Sigma Xi, Research Triangle Park, NC and the United Nations Foundation, Washington, DC
- CBD (2009) *The Convention on Biological Diversity Plant Conservation Report: A Review of Progress in Implementing the Global Strategy of Plant Conservation (GSPC)*, Convention on Biological Diversity (CBD) Secretariat, Montreal, Canadá
- CBD/AHTEG (2009) 'Draft findings of the Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change', Convention on Biological Diversity (CBD), <http://www.cbd.int/Climate/Meetings/Ahteg-Bdcc-02-02/Ahteg-Bdcc-02-02-Findings-Review-En.Pdf>
- Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. y Schwartz, M.D. (2007) 'Shifting plant phenology in response to global change', *Trends in Ecology and Evolution*, vol 22, pp357–365
- EEA/JRC/WHO (2008) *Impacts of Europe's Changing Climate — 2008 Indicator-Based Assessment*, European Environment Agency (EEA) Reporte No 4/2008, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2008_4/en
- Ervin, J., Mulongoy, K.J., Lawrence, K., Game, E., Sheppard, D., Bridgewater, P., Bennett, G., Gidda, S.B. y Bos, P. (2010) *Making Protected Areas Relevant: A Guide to Integrating Protected Areas into Wider Landscapes, Seascapes and Sectoral Plans and Strategies*, CBD Technical Series No. 44, Convention on Biological Diversity, Montreal, Canadá
- Gran Canaria Group (2006) *The Gran Canaria Declaration II on Climate Change and Plant Conservation*, Cabildo de Gran Canaria, Jardín Botánico 'Viera y Clavijo' and Botanic Gardens Conservation International (BGCI)
- Guisan, A. y Thuiller, W. (2005) 'Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models', *Ecology Letters*, vol 8, pp993–1009
- Hagerman, S.M. y Chan, K.M.A. (2009) 'Climate change and biodiversity conservation: Impacts, adaptation strategies and future research directions', F1000 Biology Reports 1:16, doi:10.3410/B1-16. La versión electrónica está en <http://f1000.com/reports/b/1/16>
- Hannah, L. y Salm, R. (2003) 'Protected areas and climate change', en L. Hannah y T. Lovejoy (eds) *Climate Change and Biodiversity: Synergistic Impacts*, pp91–100, Conservation International, Washington, DC
- Hannah, L., Dave, R., Lowry, P.P., Andelman, S., Andrianarisata, M., Andriamaro, L., Cameron, A., Hijmans, R., Kremen, C., MacKinnon, J., Randrianasolo, H.H., Andriambololonera, S., Razafimpahanana, A., Randriamahazo, H., Randrianarisoa, J., Razafinjatovo, P., Raxworthy, C., Schatz, G.E., Tadross, M. y Wilme, L. (2008) 'Climate change adaptation for conservation in Madagascar', *Biology Letters*, vol 4, pp590–594

- Heywood, V.H. (2009) *The Impacts of Climate Change on Plant Species in Europe*, Versión Final, Reporte preparado por el Profesor Vernon Heywood, School of Biological Sciences, University of Reading con contribuciones del Dr Alastair Culham. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats – vigesimonovena reunión del Comité Permanente – Bern, 23 a 26 de noviembre de 2009, T-PVS/Inf(2009)9E
- Hoegh-Guldberg, O., Hughes, L., McIntyre, S., Lindenmayer, D.B., Parmesan, C., Possingham, H.P. y Thomas, C.D. (2008) 'Assisted colonization and rapid climate change', *Science*, vol 321, pp345–346
- Hunter, M.L. (2007) 'Climate change and moving species: Furthering the debate on assisted colonization', *Conservation Biology*, vol 21, pp1356–1358
- IPCC (2007) *Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*, contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido
- Jarvis, A., Lane, A. y Hijmans, R. (2008) 'The effect of climate change on crop wild relatives', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol 126, pp13–23
- Karani, P., Ahwireng-Obeng, F., Kung'u, J. y Wafula, C. (2010) *Clean Development Mechanism (CDM) Carbon Markets Opportunities for Investments and Sustainable Development in Local Communities: The Application of Indigenous Knowledge Case Studies*, Preparado por Bureau of Environmental Analysis (BEA) International, Nairobi
- Katerere, Y. (2010) 'A climate change solution?' *World Finance*, mayo a junio de 2010, pp104–106
- Koning, N. y van Ittersum, M.K. (2009) 'Will the world have enough to eat?', *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol 1, pp77–82
- Lane, A. y Jarvis, A. (2007) 'Changes in climate will modify the geography of crop suitability: Agricultural biodiversity can help with adaptation', *SAT e-journal/ejournal.icrisat.org*, vol 4, no 1, pp1–12, <http://www.itpgrfa.net/International/content/changes-climate-will-modify-geography-crop-suitability-agricultural-biodiversity-can-help-ad>
- Lenoir, J., Gegout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P. y Brisse, H. (2008) 'A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th Century', *Science*, vol 320, no 5884, pp1768–1771, doi:10.1126/science.1156831
- Lira, R., Téllez, O. y Dávila, P. (2009) 'The effects of climate change on the geographic distribution of Mexican wild relatives of domesticated Cucurbitaceae', *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol 56, no 5, pp691–703
- Lovejoy, T.E. (2006) 'Protected areas: A prism for a changing world', *TREE*, vol 21, pp329–333
- MACIS (2008) 'Deliverable 1.1: Climate change impacts on European biodiversity – observations and future projections', Jörgen Olofsson, Thomas Hickler, Martin T. Sykes, Miguel B. Araújo, Emilio Baletto, Pam M. Berry, Simona Bonelli, Mar Cabeza, Anne Dubuis, Antoine Guisan, Ingolf Kühn, Heini Kujala, Jake Piper, Mark Rounsevell, Josef Settele y Wilfried Thuiller y MACIS Co-ordination Team, Minimisation of and Adaptation to Climate Change Impacts on Biodiversity (MACIS), <http://www.macis-project.net/pub.html>
- Mansourian, S., Belokurov, A. y Stephenson, P.J. (2009) 'The role of forest protected areas in adaptation to climate change', *Unasylva*, vol 60, no 231/232, pp63–69

- McLachlan, J.S., Hellmann, J.J. y Schwartz, M.W. (2007) 'A framework for debate of assisted migration in an era of climate change', *Conservation Biology*, vol 21, pp297–302
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P. y Wilbanks, T.J. (2010) 'The next generation of scenarios for climate change research and assessment', *Nature*, vol 463, pp747–756 (11 de febrero de 2010), doi:10.1038/nature08823
- Myers, N. (1997) 'Environmental refugees', *Population and Environment*, vol 19, pp167–182
- Nix, H.A. (1986) 'A biogeographic analysis of Australian elapid snakes', en R. Longmore, (ed) *Australian Flora and Fauna Series Number 7: Atlas of Elapid Snakes of Australia*, Australian Government Publishing Service, Canberra, pp4–15
- Parolo, G. y Rossi, G. (2007) 'Upward migration of vascular plants following a climate warming trend in the Alps', *Basic and Applied Ecology*, vol 9, no 2, pp100–107 doi:10.1016/j.baae.2007.01.005
- Ricciardi, A. y Simberloff, D. (2009) 'Assisted colonization is not a viable conservation strategy', *TREE*, vol 24, pp248–253
- Richardson, D.M., Hellmann, J.J., McLachlan, J.S., Sax, D.F., Schwartz, M.W., González, P., Brennan, E.J., Camacho, A., Root, T.L., Sala, O.E., Schneider, S.H., Ashe, D.M., Clark, J.R., Early, R., Etterson, J.R., Fielder, E.D., Gill, J.L., Minter, B.A., Polasky, S., Safford, H.D., Thompson, A.R. y Vellend, M. (2009) 'Multidimensional evaluation of managed relocation', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol 106, pp9721–9724
- Ricketts, T.H., Soares-Filho, B., da Fonseca, G.A.B., Nepstad, D., Pfaff, A., Peterson, A., Anderson, A., Boucher, D., Cattaneo, A., Conte, M., Creighton, K., Linden, L., Maretti, C., Moutinho, P., Ullman, R. y Victurine, R. (2010) 'Indigenous lands, protected areas, and slowing climate change', *PLoS Biol*, vol 8, no 3, e1000331, doi:10.1371/journal.pbio.1000331
- Rimbawanto, A. (2010) *Climate Change and the Potential Risk to Forest Genetic Resources*, Centre for Forest Biotechnology and Tree Improvement (CFBTI)
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. y Foley, J.A. (2009a) 'A safe operating space for humanity', *Nature*, vol 461, pp472–475
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. (2009b) 'Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity', *Ecology and Society*, vol 14, no 2, p32, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Schiermeier, Q. (2010) 'Climate: The real holes in climate science', *Nature* (London), vol 463, p284
- Schleip, R., Bertzy, M., Hirschnitz, M. y Stoll-Kleemann, S. (2008) 'Changing climate in protected areas: Risk perception of climate changed by biosphere reserve managers', *GAI*, vol 17/S1, pp116–124
- Seddon, P.J., Armstrong, D.P., Soorae, P., Launay, F. y Walker, S. (2009) 'The risks of assisted colonization', *Conservation Biology*, vol 23, pp788–789

- Semenov, M.A. y Halford, N.G. (2009) 'Identifying target traits and molecular mechanisms for wheat breeding under a changing climate', *Journal of Experimental Botany*, vol 60, pp2791–2804, doi:10.1093/jxb/erp164
- Sobrevila, C. (2008) *The Role of Indigenous Peoples in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners*, The World Bank, Washington, DC
- Steffen, W., Sanderson, A., Jäger, J., Tyson, P.D., Moore III, B., Matson, P.A., Richardson, K., Oldfield, F., Schellnhuber, H.J., Turner II, B.L. y Wasson, R.J. (2004) *Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure*, Springer Verlag, Heidelberg, Alemania
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change (The Stern Review)*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido
- Sykes, Miguel B. Araújo, Emilio Baletto, Pam M. Berry, Simona Bonelli, Mar Cabeza, Anne Dubuis, Antoine Guisan, Ingolf Kühn, Heini Kujala, Jake Piper, Mark Rounsevell, Josef Settele, Wilfried Thuiller et MACIS Co-ordination Team, Minimisation de l'impact du changement climatique sur la biodiversité et adaptation (*Minimisation of and Adaptation to Climate Change Impacts on Biodiversity, MACIS*), <http://www.macis-project.net/pub.html>, consulté le 23 mai 2010
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T. y Prentice, I.C. (2005) 'Climate change threats to plant diversity in Europe', *PNAS USA*, vol 102, pp8245–8250
- Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M.B., Berry, P.M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G.F., Paterson, J., Schurr, F.M., Sykes, M.T. y Zimmermann, N.E. (2008) 'Predicting climate change impacts on plant diversity: Where to go from here?', *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, vol 9, pp137–152
- United Nations (2006) *World Urbanization Prospects: The 2005 Revision*, Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, Nueva York, EE.UU.
- UNFPA (2007) *State of the World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*, United Nations Population Fund (UNFPA), Nueva York, EE.UU.
- UNWTO (2008) *Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenge*, United Nations World Tourism Organization (UNWTO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), Madrid, España
- van Zonneveld, M., Koskela, J., Vinceti, B. y Jarvis, A. (2009a) 'Impact of climate change on the distribution of tropical pines in Southeast Asia', *Unasylva*, no 231/232, vol 60/1–2, pp24–29
- van Zonneveld, M., Jarvis, A., Koskela, J., Dvorak, W., Lema, G., Vinceti, B. y Leibling, C. (2009b) 'Climate change impact predictions on *Pinus patula* and *Pinus tecunumanii* populations in Mexico and Central America', *Forest Ecology and Management*, vol 257, pp1566–1576
- Virah-Sawmy, M. (2009) 'Ecosystem management in Madagascar during global change', *Conservation Letters*, vol 2, pp163–170
- Watson, R. (2008) *Inter-Governmental Report Aims to Set New Agenda for Global Food Production*, http://www.iaastd.com/docs/IAASTD_backgroundpaper_280308.doc
- WDR (2010) *World Development Report 2010: Development and Climate Change*, The World Bank, Washington, DC

