

Sustento del uso justo
de Materiales Protegidos
derechos de autor para
fines educativos



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

UCI

Sustento del uso justo de materiales protegidos por Derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI - para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes en el curso “Regulación Ambiental y de la Organización” perteneciente al programa académico MLGA.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S.Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado

editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.



CAMBIO CLIMÁTICO Y BIODIVERSIDAD

Documento técnico V del IPCC



GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO



Cambio climático y biodiversidad

Editado por

Habiba Gitay
Universidad Nacional de Australia

Avelino Suárez
Ministerio de Ciencia, Tecnología
y Medio Ambiente (Cuba)

Robert T. Watson
Banco Mundial

David Jon Dokken
University Corporation for Atmospheric
Research

Este es un documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) preparado en respuesta a una petición del Convenio de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El material que contiene ha sido examinado por expertos y gobiernos, pero no considerado por el Grupo para su posible aceptación o aprobación.

Abril de 2002

Documento preparado bajo los auspicios del Presidente del IPCC, el Dr. Robert T. Watson,
por la Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo II del IPCC

© 2002, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

ISBN: 92-9169-104-7

Foto de portada: Topham Picturepoint 2001/PNUMA (Shoukyu)

Índice

Prólogo	5
Resumen Ejecutivo	1
1. Antecedentes y orígenes de este Documento Técnico	5
2. Introducción	5
2.1. Definición de biodiversidad en el contexto de este documento	5
2.2. Importancia de la biodiversidad	5
2.3. Presiones de las actividades humanas sobre la biodiversidad	6
2.4. Definiciones del IPCC de impactos, adaptación y mitigación	6
3. Cambios observados en el clima	6
3.1. Cambios observados en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y aerosoles	7
3.2. Cambios observados en la temperatura de la superficie terrestre y en las precipitaciones	7
3.3. Cambios observados en la cubierta de nieve, las capas de hielo en mares y ríos, los glaciares y el nivel del mar	9
3.4. Cambios observados en la variabilidad climática	11
3.5. Cambios observados en fenómenos climáticos extremos	11
4. Cambios estimados en el clima	11
4.1. Cambios estimados en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y aerosoles	11
4.2. Cambios estimados en la temperatura de la superficie terrestre y en precipitaciones	11
4.3. Cambios estimados en la variabilidad climática y fenómenos climáticos extremos	12
4.4. Cambios estimados en la cubierta de nieve, las capas de hielo en mares y ríos, los glaciares y el nivel del mar	14
5. Cambios observados en los ecosistemas terrestres y marinos asociados con el cambio climático	14
5.1. Cambios observados en la distribución de especies terrestres (incluyendo las de aguas dulces), tamaño de la población, y la composición de las comunidades	14
5.2. Cambios observados en sistemas costeros y marinos	16
6. Impactos estimados del cambio en el clima medio y en fenómenos climáticos extremos sobre ecosistemas marinos y terrestres (incluidos los acuáticos)	17
6.1. Enfoques de simulación utilizados para la proyección de los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad que albergan	18
6.2. Impactos estimados sobre la biodiversidad en sistemas terrestres y de agua dulce	19
6.2.1. Impactos estimados sobre individuos, poblaciones, especies y ecosistemas	19
6.2.2. Biodiversidad y cambios en productividad	23
6.3. Impactos estimados sobre la biodiversidad de ecosistemas costeros y marinos	24
6.3.1. Impactos estimados sobre los ecosistemas de las regiones costeras	24
6.3.2. Impactos estimados sobre los ecosistemas marinos	25
6.4. Especies vulnerables y ecosistemas (terrestres, costeros y marinos)	26
6.5. Impactos de cambios en la biodiversidad sobre el clima mundial y regional	27
6.6. Impactos estimados sobre poblaciones tradicionales e indígenas	28
6.7. Impactos regionales	29
7. Impactos potenciales sobre la biodiversidad de las actividades llevadas a cabo para mitigar el cambio climático	40
7.1. Impacto potencial sobre la biodiversidad de la forestación, la reforestación, y la deforestación evitada	41
7.1.1. Impactos potenciales sobre la biodiversidad debidos a la reducción de la deforestación	41
7.1.2. Impactos potenciales sobre la biodiversidad debidos a la forestación y la reforestación	42

7.2.	Impactos potenciales sobre la biodiversidad del manejo de suelos para propósitos de mitigación climática	43
7.2.1.	Impactos potenciales de la agrosilvicultura	43
7.2.2.	Impactos potenciales del manejo forestal	43
7.2.3.	Impactos potenciales de las actividades para mitigación en el sector agrícola	43
7.2.4.	Impactos potenciales del manejo de pastizales y de tierras de pastoreo	43
7.3	Impactos potenciales sobre la biodiversidad de tecnologías para cambio energético	43
7.3.1.	Estufas de madera eficientes y biogás para cocinar y su impacto potencial sobre la biodiversidad	44
7.3.2.	Impactos potenciales del uso creciente de la energía de biomasa	44
7.3.3.	Impactos potenciales de la energía hidráulica.....	46
7.3.4.	Impactos potenciales de la energía eólica	47
7.3.5.	Impactos potenciales de la energía solar	47
7.3.6.	Impactos potenciales del almacenaje de carbono	47
7.4.	Impactos potenciales de la mejora de la recogida biológica de carbono en los océanos	47
8.	Actividades para la adaptación y biodiversidad	47
8.1.	Opciones potenciales de adaptación para reducir los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad.....	48
8.2.	Consecuencias para los ecosistemas y la biodiversidad de las actividades para la adaptación	48
8.3.	Sinergias entre la conservación y el uso sostenible de biodiversidad y el cambio climático	50
9.	Enfoques para evaluar los impactos de las actividades de adaptación al cambio climático y mitigación, y otros aspectos del desarrollo sostenible	50
10.	Información identificada y brechas evaluativas	52
	Reconocimientos	52
	Anexos	
A.	Lista de documentos de importancia relacionados con la biodiversidad y el cambio climático publicados desde 1999/2000	53
B.	Glosario de términos	69
C.	Acrónimos y abreviaturas	83
D.	Lista de los principales informes del IPCC	84

Prólogo

Este Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) titulado *Cambio climático y biodiversidad* es el quinto documento en la serie de Documentos Técnicos del IPCC, y se redactó como respuesta a la solicitud del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (SBSTTA) del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CBD).

Este Documento Técnico, como todos los Documentos Técnicos, se basa en material, informes de evaluación e Informes Especiales previamente aprobados/aceptados/ adoptados por el IPCC y ha sido escrito por autores principales escogidos específicamente para este propósito. El texto ha pasado por revisiones simultáneas por parte de expertos y de gobiernos, seguido de un repaso gubernamental definitivo. La Junta del IPCC actuó como equipo editorial para asegurar que los autores principales se ocuparan adecuadamente de los comentarios que surgieron en las revisiones antes de dar por concluido el Documento Técnico.

La Junta se reunió en su 25ª Sesión (Ginebra, 15–16 de abril del año 2002) y consideró los principales comentarios recibidos durante la revisión gubernamental definitiva. Después de ver las observaciones y peticiones, los autores principales dieron por concluido el Documento Técnico. La Junta autorizó la publicación del documento al SBSTTA y al público en general.

Estamos muy agradecidos a los autores principales (nombrados en el documento) quienes aportaron su tiempo de forma muy generosa y redactaron el documento dentro del plazo de tiempo asignado. También nos gustaría agradecer la labor realizada por David Dokken, que ayudó en la coordinación de los autores principales para la preparación y edición del documento.

R. T. Watson

Presidente del IPCC

(a la hora de publicarse el documento)

N. Sundararaman

Secretario del IPCC

(a la hora de publicarse el documento)

Cambio climático y biodiversidad

Solicitado por el Convenio de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad Biológica y preparado bajo los auspicios del Presidente del IPCC, el Dr Robert T. Watson

Autores principales encargados de la coordinación

Habiba Gitay (Australia), Avelino Suárez (Cuba), y Robert Watson

Autores principales

Oleg Anisimov (Rusia), F.S. Chapin (Estados Unidos), Rex Victor Cruz (Filipinas), Max Finlayson (Australia), William Hohenstein (Estados Unidos), Gregory Insarov (Rusia), Zbigniew Kundzewicz (Polonia), Rik Leemans (Países Bajos), Chris Magadza (Zimbabwe), Leonard Nurse (Barbados), Ian Noble (Australia), Jeff Price (Estados Unidos), N.H. Ravindranath (India), Terry Root (Estados Unidos), Bob Scholes (Sudáfrica), Alicia Villamizar (Venezuela) y Xu Rumei (China)

Colaboradores

Osvaldo Canziani (Argentina), Ogunlade Davidson (Sierra Leona), David Griggs (Reino Unido), James McCarthy (Estados Unidos) y Michael Prather (Estados Unidos)

RESUMEN EJECUTIVO

En el ámbito mundial, las actividades humanas han causado y van a seguir causando una pérdida en la biodiversidad¹ debido, entre otras cosas, a cambios en el uso y la cubierta de los suelos; la contaminación y degradación de los suelos y de las aguas (incluyendo la desertificación), y la contaminación del aire; el desvío de las aguas hacia ecosistemas intensamente gestionados y sistemas urbanos; la fragmentación del hábitat; la explotación selectiva de especies; la introducción de especies no autóctonas, y el agotamiento del ozono estratosférico. La tasa actual de la pérdida de biodiversidad es mayor que la de la extinción natural. Una pregunta esencial en este Documento es ¿cuánto puede el cambio climático (ya sea de forma natural o inducido por el hombre) aumentar o impedir estas pérdidas de la biodiversidad?

Los cambios en el clima ejercen una presión adicional y ya han comenzado a afectar a la biodiversidad. Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado desde tiempos preindustriales debido a actividades humanas, sobre todo la utilización de combustibles fósiles y los cambios en el uso y en la cubierta de los suelos. Estos factores, junto a las fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima de la Tierra a lo largo de todo el siglo XX: ha subido la temperatura de la superficie terrestre y marina, han cambiado los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones; se ha elevado el nivel del mar, y ha aumentado la frecuencia e intensidad de los fenómenos asociados con El Niño. Dichos cambios, sobre todo la subida de las temperaturas en algunas zonas, han afectado a la estación de la reproducción de animales y plantas y/o la de la migración de los animales, a la extensión de la estación de crecimiento, a la distribución de las especies y el tamaño de sus poblaciones, y a la frecuencia de las plagas y brotes de enfermedades. Algunos ecosistemas costeros o aquellos en altitud y latitud altas también se han visto afectados por los cambios en el clima regional.

Se espera que el cambio climático afecte a todos aspectos de la biodiversidad. Sin embargo, dichos cambios tienen que tener en cuenta los impactos de otras actividades humanas pasadas, presentes y futuras, incluyendo el aumento en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂). Para la amplia gama de escenarios de emisión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se estima que la temperatura media de la superficie terrestre ascienda entre un 1,4 y un 5,8°C para finales del siglo XXI, que las zonas terrestres experimenten un calentamiento más alto que los océanos, y

que las latitudes altas se calienten más que los trópicos. Se estima que la elevación del nivel del mar asociada con dichos cambios esté comprendido entre 0,09 a 0,88 m. En general, se espera un aumento en las precipitaciones en latitudes altas y en zonas ecuatoriales, y que disminuyan en zonas subtropicales aunque aumenten las fuertes precipitaciones. Se espera que el cambio climático afecte directamente a organismos individuales, a poblaciones, a la distribución de especies, y al funcionamiento de los ecosistemas (por ejemplo debido a un aumento de las temperaturas y cambios en las precipitaciones y, en el caso de ecosistemas marinos y costeros, se esperan cambios en el nivel del mar y fuertes tormentas repentinas) e indirectamente (por ejemplo mediante el impacto de los cambios climáticos en la intensidad y la frecuencia de fenómenos tales como los fuegos arrasadores). La pérdida, modificación y fragmentación del hábitat, y la introducción y extensión de especies no autóctonas van a afectar los impactos producidos por el cambio climático. Una proyección realista del estado futuro de los ecosistemas terrestres debe tener en cuenta también las pautas de uso de los suelos y del agua, las que van a afectar en gran medida a la capacidad de los organismos para responder a los cambios climáticos mediante la migración.

El efecto general del cambio climático estimado provocado por el hombre muestra que los hábitats de muchas especies se desplazará hacia los polos o hacia altitudes mayores respecto a sus emplazamientos actuales. Las distintas especies se van a ver afectadas de forma diferente por el cambio climático; van a migrar a diferente velocidad a través de paisajes naturales fragmentados, y muchos ecosistemas actualmente dominados por especies de larga vida (tales como árboles longevos) van a tardar mucho antes de que manifiesten los efectos de estos cambios. Por lo tanto, es probable que se modifique la composición de la mayoría de los ecosistemas actuales, ya que es improbable que las especies que componen dichos ecosistemas cambien de emplazamiento todas a la vez. Se espera que los cambios más rápidos sucedan cuando sean acelerados por cambios en patrones de alteraciones no climáticas tanto naturales como antropogénicas.

Cambios en la frecuencia, intensidad, extensión y emplazamiento de las alteraciones van a afectar la forma y el régimen a la que los ecosistemas actuales se van a ver reemplazados por nuevos

¹ En este Documento Técnico, el término biodiversidad se utiliza como sinónimo de diversidad biológica.

grupos de plantas y animales. Las alteraciones pueden aumentar el régimen de pérdida de las especies y crear oportunidades para el establecimiento de nuevas especies.

En todo el mundo, cerca del 20 por ciento de los humedales costeros se podrían perder hacia el año 2080, como consecuencia de la elevación del nivel del mar. El impacto de la elevación del nivel del mar sobre los ecosistemas costeros (como por ejemplo los manglares y humedales costeros, y los pastos marinos) variará en diferentes regiones según la erosión causada por los mares y los procesos de encenagamiento que ocurren en la tierra. Es posible que algunos manglares en las regiones costeras insulares bajas en donde las cargas de sedimentación son altas y los procesos de erosión son escasos, no sean particularmente vulnerables a la elevación del nivel del mar.

El riesgo de extinción va a aumentar para muchas especies que ya son vulnerables. Las especies con rangos climáticos limitados y/o pequeñas poblaciones son normalmente las más vulnerables a la extinción. Entre éstas figuran las especies montañosas endémicas y la biota restringida insular (por ejemplo, los pájaros), peninsular (tales como el Reino Floral del Cabo), o costera (manglares, humedales costeros y arrecifes coralinos). En contraste con esto, las especies con gamas amplias y no irregulares, con mecanismos de dispersión de largo alcance y grandes poblaciones tienen un riesgo de extinción menor. Existen pocas pruebas para sugerir que el cambio climático pueda disminuir la pérdida de las especies, pero existen pruebas que demuestran que pueden acelerar este proceso. En algunas regiones podría darse un aumento de biodiversidad local (normalmente como consecuencia de la introducción de especies) pero las consecuencias a largo plazo son muy difíciles de predecir.

Cuando ocurren importantes alteraciones en el ecosistema (como por ejemplo la pérdida de especies dominantes o una gran proporción de las especies y por lo tanto gran parte de la redundancia), pueden ocurrir pérdidas en la productividad neta del ecosistema (PNE) al menos durante el periodo de transición. Sin embargo, en muchos casos, la pérdida de biodiversidad en ecosistemas diferentes y amplios debido al cambio climático no implica necesariamente una pérdida de productividad, ya que existe un grado de redundancia en la mayoría de los ecosistemas. La pérdida de la contribución a la producción de una especie determinada dentro de un ecosistema se puede ver reemplazada por otras especies. Los impactos del cambio climático en la biodiversidad ni los posteriores efectos en la productividad no han sido calculados a escala mundial.

Los cambios en biodiversidad a escala de ecosistemas y paisajes naturales, como respuesta al cambio climático y otras presiones (tales como la deforestación y los cambios en incendios forestales) podrían afectar aún más al clima mundial y regional mediante los cambios en la recogida y emisión de gases de efecto invernadero y cambios en el albedo y la evapotranspiración. De forma parecida, los cambios estructurales en las comunidades biológicas en las capas superiores de los océanos podrían alterar la recogida del CO₂

por el océano o la emisión de precursores para los núcleos de condensación de nubes, causando unas reacciones o positivas o negativas en el cambio climático.

La simulación de los cambios en la biodiversidad como respuesta a los cambios climáticos presenta algunos desafíos importantes. Los datos y las simulaciones que se requieren para estimar la extensión y naturaleza de los cambios futuros en los ecosistemas y los cambios en la distribución geográfica de las especies son incompletos, lo que significa que estos efectos sólo se pueden cuantificar parcialmente.

Los impactos de las actividades para la mitigación del cambio climático sobre la biodiversidad dependen del contexto, diseño y ejecución de dichas actividades. El uso y el cambio en el uso de los suelos, y en las actividades asociadas con la silvicultura (forestación, reforestación, deforestación evitada, y las prácticas mejoradas en el manejo de bosques, tierras de cultivo y pastizales) tanto como la implantación de fuentes de energía renovable (hidráulica, eólica, solar y biocombustibles) pueden afectar a la biodiversidad. Dicho impacto dependerá de la selección del sitio y de las prácticas en el manejo de los mismos. Por ejemplo, 1) dependiendo del nivel de biodiversidad del ecosistema no forestal que está siendo sustituido, la escala que se toma en cuenta, y otros temas relacionados con el diseño y la implantación, los proyectos de forestación y de reforestación pueden tener impactos neutros, positivos o negativos; 2) si se evita y/o reduce la degradación de los bosques en zonas amenazadas/vulnerables que contienen grupos de especies que son inusualmente diversos, mundialmente raras o propias de esa región, se pueden proporcionar grandes beneficios a la biodiversidad, evitando al mismo tiempo emisiones de carbono; 3) las plantaciones bioenergéticas a gran escala que generan un gran rendimiento podrían tener efectos adversos en la biodiversidad cuando sustituyan a sistemas con una mayor diversidad biológica, mientras que las plantaciones a pequeña escala sobre terrenos degradados o en zonas agrícolas abandonadas podrían tener ventajas ambientales; y 4) un aumento de la eficiencia en la generación y/o empleo de energías basadas en combustibles fósiles puede reducir el uso de combustibles fósiles y, por lo tanto, reducir los efectos sobre la biodiversidad que se deben a la extracción de recursos, el transporte (como el envío por barco y/o por tuberías), y la combustión de combustibles fósiles.

Las actividades para la adaptación al cambio climático pueden fomentar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, y reducir el impacto sobre la biodiversidad tanto de los cambios climáticos como de los fenómenos climáticos extremos. Dichas actividades incluyen el establecimiento de un mosaico interconectado de reservas terrestres, de agua dulce y marinas de uso múltiple diseñado para responder a los cambios estimados en el clima, y actividades de manejo integrada de tierras y aguas para reducir las presiones no climáticas sobre la biodiversidad y, por lo tanto, hacer que el sistema sea menos vulnerable a los cambios climáticos. Algunas de estas actividades para la adaptación también pueden reducir la vulnerabilidad humana frente a fenómenos climáticos extremos.

La eficacia de las actividades para adaptación y mitigación se puede mejorar cuando se integran con estrategias más amplias diseñadas para hacer más sostenibles las rutas para el desarrollo. Existen sinergias potenciales ambientales y sociales e intercambios entre la adaptación climática y actividades para la mitigación (proyectos y políticas), y los objetivos de los acuerdos multilaterales ambientales (por ejemplo, la conservación y uso sostenible que son los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica) además de otros aspectos del desarrollo sostenible. Estas sinergias e intercambios se pueden evaluar en lo que se refiere a la gama completa de actividades potenciales (entre otras cosas, la energía y el uso de los suelos, el cambio en el uso de los suelos, y los proyectos y políticas de silvicultura) a través de la aplicación de las evaluaciones del impacto social y ambiental en el ámbito de proyectos, sectores y regiones, y se pueden comparar con un conjunto de criterios e indicadores mediante el empleo de una serie de marcos para la toma de decisiones. Para esto, se tienen que adaptar y desarrollar aún más las actuales metodologías, criterios e indicadores para la evaluación del impacto de las actividades para mitigación y adaptación sobre la biodiversidad y sobre otros aspectos del desarrollo sostenido.

Entre las necesidades de información y los vacíos en las evaluaciones se incluyen:

- Una mejora del conocimiento de las relaciones entre la biodiversidad, la estructura y el funcionamiento del ecosistema, y la dispersión y/o migración a través de paisajes naturales fragmentados
 - Una mejora del conocimiento de la respuesta de la biodiversidad frente a cambios en factores climáticos y otras presiones
 - La realización de simulaciones de definición apropiada de cambios climáticos pasajeros y de ecosistemas, especialmente para la cuantificación de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad a todos los niveles, teniendo en cuenta sus respuestas
 - Una mejora del conocimiento de los impactos a escala local y regional sobre la biodiversidad de las opciones para la adaptación y mitigación del cambio climático
 - Un mayor desarrollo de metodologías, criterios e indicadores para la evaluación del impacto de las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático sobre la biodiversidad y sobre otros aspectos del desarrollo sostenible
 - La identificación de actividades y políticas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad que pudiesen mejorar las opciones para adaptación y mitigación del cambio climático.
-

1. Antecedentes y orígenes de este Documento Técnico

El Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (SBSTTA) del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CBD) solicitó formalmente al IPCC la preparación de un Documento Técnico sobre el cambio climático y la biodiversidad, que abarcara tres temas particulares:

- Los impactos del cambio climático sobre la diversidad biológica y los impactos de la pérdida de biodiversidad sobre el cambio climático
- El impacto potencial sobre la diversidad biológica de las medidas para mitigación que pueden ser llevadas a cabo bajo el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) y su Protocolo de Kioto, y la identificación de medidas potenciales de mitigación que también contribuyen a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica
- El potencial de la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica para contribuir a las medidas de adaptación al cambio climático.

El IPCC, en su 17ª Sesión (Nairobi, Kenia, 4–6 de abril del año 2001) se ocupó de esta solicitud, que se aprobó en la 18ª Sesión (Wembley, Reino Unido, 24–29 Septiembre 2001).

La información contenida en este Documento Técnico, como en cualquier otro Documento Técnico del IPCC, se extrae de informes del IPCC aprobados/adoptados/aceptados, en particular el *Tercer Informe de Evaluación* (TIE), incluyendo la *Síntesis del Informe* (SI), el *Informe Especial: Uso de los suelos, cambio de uso de los suelos y silvicultura* (IEUTCS), y el *Informe Especial: Impactos Regionales del Cambio Climático* (IRCC). Estos informes no intentaron llevar a cabo una evaluación completa de las relaciones existentes entre el cambio climático y la biodiversidad (sólo contenían información limitada sobre el impacto de cambios climáticos futuros sobre la biodiversidad, las implicaciones del cambio climático para la biodiversidad en el ámbito genético, el potencial de la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible para contribuir a las medidas de adaptación frente al cambio climático). Por esto, el lector debe ser consciente de que estas limitaciones en el material contenido en previos informes del IPCC se reflejan en el balance del material que muestra este Documento Técnico. Algún material de importancia en este documento, que se publicó después de finalizar el TIE, se encuentra en el Apéndice A (ningún material de estas citas se tuvo en cuenta al redactar el texto del Documento).

Este Documento Técnico resume el material incluido en los informes del IPCC que son de importancia para la solicitud del CBD. Las Secciones 3 y 4 se ocupan del cambio climático observado y estimado que tiene importancia para la biodiversidad; las Secciones 5 y 6 de los impactos observados y estimados del cambio climático sobre la biodiversidad; las Secciones 7 y 8 de los impactos sobre la biodiversidad de las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático; la Sección 9 de las metodologías, criterios e indicadores para

evaluación que pueden utilizarse para la evaluación de los impactos socioeconómicos y ambientales de las actividades para mitigación y adaptación; y la Sección 10 trata de las necesidades identificadas de información y sobre los vacíos en las evaluaciones. Siempre que resulte apropiado, se incluyen a cabo de cada párrafo y entre corchetes las referencias a informes anteriores del IPCC (consulte el Apéndice C para la nomenclatura empleada).

2. Introducción

2.1. Definición de biodiversidad en el contexto de este documento

El CBD define la biodiversidad como ‘la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.’ El IPCC también enfatiza estos tres niveles (el genético, el de las especies y el de los ecosistemas) (ver Anexo B). El cambio climático afecta directamente a las funciones de los organismos individuales (por ejemplo, el crecimiento y el comportamiento), modifica poblaciones (en, por ejemplo, el tamaño y la estructura), y afecta a la estructura y función del ecosistema (en la descomposición, ciclos de los nutrientes, flujos del agua, composición de las especies e interacciones de las especies) y la distribución de los ecosistemas dentro de los paisajes; e indirectamente a través de cambios en los regímenes de alteraciones. Para este documento, se asume que los cambios en la estructura y función del ecosistema están relacionados con los cambios en varios aspectos de la biodiversidad.

2.2. Importancia de la biodiversidad

Este documento trata la biodiversidad actual en ecosistemas manejados de forma intensiva (agricultura, silvicultura de plantación y acuicultura) y en los no intensivos² (por ejemplo, en tierras de pastoreo, bosques nativos, ecosistemas de agua dulce y océanos). También reconoce el valor intrínseco de la biodiversidad, al margen de las necesidades e intereses humanos.

Los ecosistemas proporcionan muchos bienes y servicios que son esenciales para la supervivencia humana. Algunas comunidades indígenas y rurales dependen en particular de muchos de estos bienes y servicios para sus formas de vida. Entre estos bienes y servicios se incluyen los alimentos, las fibras, los combustibles y la energía, los pastos, las medicinas, el agua limpia, el aire limpio, el control de las inundaciones/tormentas, la polinización, la dispersión de semillas, las plagas y el control de enfermedades, la formación y mantenimiento de los suelos, la biodiversidad, y los valores culturales, espirituales, estéticos y de actividades recreativas. Los ecosistemas también

² En los ecosistemas manejados de manera no intensiva se incluyen los sistemas que no han sido manejados.

tienen un papel de gran importancia en los procesos biogeoquímicos que subyacen bajo el funcionamiento de los sistemas terrestres. [GTII TIE Sección 5.1]

2.3. Presiones de las actividades humanas sobre la biodiversidad

La Tierra está sujeta a muchas presiones naturales y a las producidas por el hombre, a todas ellas se las denomina de forma general con el nombre de cambios mundiales. Entre dichos cambios se incluyen las presiones producidas por una creciente demanda de recursos; la explotación selectiva o la destrucción de las especies; el cambio en el uso o la cubierta de los suelos; el régimen acelerado de la deposición de nitrógeno por causas humanas; la contaminación de los suelos, aguas y aire; la introducción de especies no autóctonas; la desviación de aguas hacia ecosistemas gestionados de forma intensiva y sistemas urbanos; la fragmentación o unificación de paisajes; y la urbanización e industrialización. El cambio climático³ constituye una presión adicional sobre los ecosistemas, la biodiversidad que está contenida en ellos, y los bienes y servicios que proporcionan. Resulta difícil de calcular la era cuantificación de los impactos del cambio climático, dadas las presiones múltiples e interactivas que actúan sobre los ecosistemas terrestres. [GTII TIE Sección 5.1]

2.4. Definiciones del IPCC de impactos, adaptación y mitigación

Los cambios esperados en el clima incluyen el aumento de las temperaturas, cambios en las precipitaciones, la elevación del nivel del mar, y la creciente frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos que producen mayor variabilidad climática. Los impactos⁴ de estos cambios esperados en el clima incluyen modificaciones de muchos aspectos de la biodiversidad y en regímenes de las alteraciones (por ejemplo, cambios en la frecuencia e intensidad de incendios, plagas y enfermedades). Las medidas para la adaptación podrían reducir algunos de estos impactos. Se consideran como sistemas vulnerables⁵ los que se encuentran expuestos y/o son sensibles al cambio climático y/o si las opciones para la adaptación son limitadas. Se define la mitigación como la intervención antropogénica para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero mediante la reducción del uso de combustibles fósiles, la reducción de las emisiones provenientes de zonas terrestres mediante la conservación de grandes yacimientos dentro de los ecosistemas, y/o el aumento del régimen de recogida de carbono por parte de los ecosistemas.

3. Cambios observados en el clima

Las pruebas observadas muestran que la composición de la atmósfera está cambiando (por ejemplo, las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, como el CO₂ y el metano (CH₄), así como el clima de la Tierra (la temperatura, las precipitaciones, el nivel del mar, las capas de hielo marino, y en algunas regiones los fenómenos climáticos extremos tales

Concentraciones atmosféricas mundiales de los principales gases antropogénicos de efecto invernadero bien mezclados

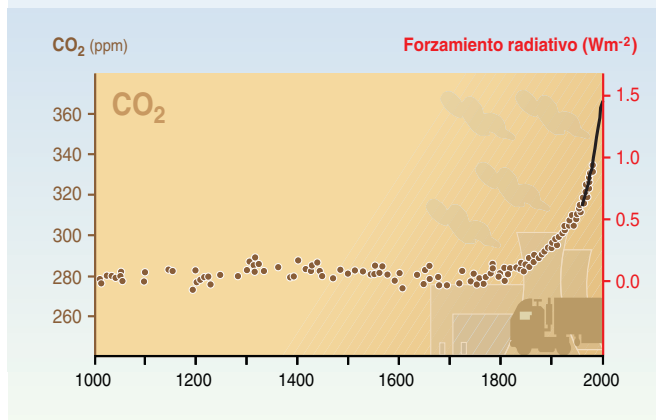


Figura 1: Los registros de los cambios en la composición de la atmósfera durante el último milenio muestran el rápido aumento de las concentraciones de CO₂ que se puede atribuir principalmente al crecimiento industrial desde el año 1750. Datos tempranos y esporádicos a partir del aire atrapado en el hielo (símbolos) coinciden con las observaciones atmosféricas continuas en décadas recientes (línea sólida). El CO₂ se encuentra bien mezclado en la atmósfera, y su concentración refleja las emisiones desde fuentes situadas en todas partes del mundo. Una estimación del forzamiento radiativo positivo resultante de dicho aumento en las concentraciones de CO₂ se indica en la escala situada a la derecha. [SI Figura 2–1 y GTI TIE Figura RRP–2]

³ En el IPCC, se refiere a cambio climático como cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de una actividad humana. Este uso es diferente al que le da el CMCC, en donde se entiende por cambio climático un cambio atribuible de manera directa o indirecta a actividades humanas que altera la composición de la atmósfera mundial y que sucede de forma adicional a la variabilidad climática observada en periodos de tiempo comparables. Ver Anexo B.

⁴ La magnitud del impacto es una función del alcance del cambio en un parámetro climático (por ejemplo, una característica climática media, la variabilidad climática, y/o la frecuencia y magnitud de fenómenos climáticos extremos) y la sensibilidad del sistema a dichos estímulos relacionados con el clima.

⁵ La vulnerabilidad es el grado al que un sistema es susceptible para hacer frente o no a los efectos adversos producidos por un cambio climático, entre los cuales figuran la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y nivel de variación climática al que se encuentra expuesto el sistema, así como su sensibilidad y su capacidad de adaptación. La capacidad de adaptación es la capacidad que tiene un sistema para ajustarse a un cambio climático (incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos), para moderar los riesgos potenciales, para obtener los máximos beneficios de las oportunidades o para hacer frente a las consecuencias. [GTII TIE RRP Recuadro 1]

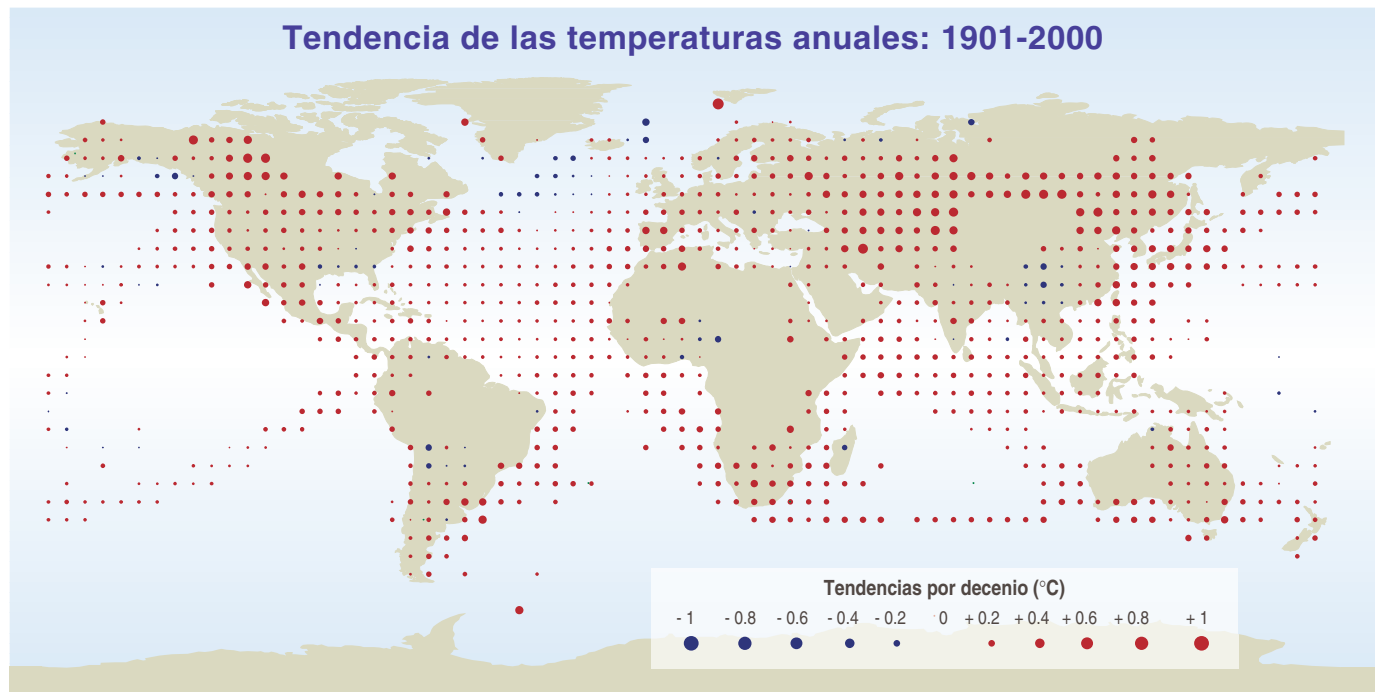


Figura 2: Tendencia de las temperaturas anuales durante el periodo 1901–2000. Las tendencias se representan por el área de los círculos, el rojo representa un aumento y el azul una disminución. Las tendencias se calculan a partir de las anomalías medias anuales cuadrículadas, con el requisito de que los cálculos de las anomalías anuales incluyeran un mínimo de 10 meses de datos. Las tendencias se calcularon sólo para los cuadros que contenían anomalías anuales en, al menos, 66 de los 100 años. La advertencia que muestra que la tierra se calienta más rápidamente que la superficie del océano guarda coherencia con una señal de calentamiento antropogénico. Sin embargo, un componente del patrón del calentamiento en latitudes medias del norte parece estar relacionado con variaciones climáticas naturales conocidas como la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Ártica, las que, a su vez, pueden verse afectadas por el cambio climático antropogénico. [GTI TIE Figuras RT–3a y 2.9a]

como olas de calor, fuertes precipitaciones y sequías). Debido a los efectos observados y potenciales sobre la biodiversidad, estos cambios se resumen a continuación. Por ejemplo, la concentración de CO_2 en la atmósfera afecta al nivel y eficiencia de la fotosíntesis y al uso de las aguas, lo que puede afectar a la productividad de las plantas y a otros procesos de los ecosistemas. Los factores climáticos también afectan a la productividad vegetal y animal, así como a otras funciones del ecosistema.

3.1. Cambios observados en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y aerosoles

Desde los tiempos preindustriales, las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado debido a actividades humanas, alcanzando en la década de los 90 los niveles más altos registrados, y la mayoría de estas concentraciones han seguido aumentando. Durante el periodo 1750–2000, la concentración atmosférica de CO_2 aumentó en un 31 ± 4 por ciento, lo que equivale a $1,46 \text{ Wm}^{-2}$ (ver Figura 1), debido principalmente a la combustión de combustibles fósiles, al uso de los suelos y al cambio en el uso de los suelos. A lo largo del siglo XIX y durante la mayor parte del XX, la biosfera terrestre fue una fuente neta de CO_2 atmosférico, pero antes del fin del siglo XX se convirtió en un sumidero neto debido a una serie de factores, por ejemplo los cambios en el

uso de los suelos y las prácticas en el manejo de dichas tierras dieron lugar a un aumento de la deposición antropogénica de nitrógeno,⁶ a crecientes concentraciones atmosféricas de CO_2 y, posiblemente, al calentamiento climático. La concentración atmosférica de CH_4 aumentó en un 151 ± 25 por ciento en el periodo 1750–2000, lo que equivale a $0,48 \text{ Wm}^{-2}$, debido sobre todo a las emisiones provenientes del uso de combustibles fósiles, los ganados, la agricultura del arroz y los vertederos. [GTI TIE Capítulos 3 y 4]

3.2. Cambios observados en la temperatura de la superficie terrestre y en las precipitaciones

Durante el siglo XX, ha tenido lugar un calentamiento coherente y a gran escala en las superficies terrestres y marinas (ver Figura 2), y es probable⁷ que la mayoría del calentamiento

⁶ Debido a las crecientes emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de actividades industriales, agrícolas y del uso de los suelos.

⁷ Utilizando el vocabulario empleado por el GTI TIE, se han utilizado la siguiente terminología siempre que ha sido apropiado para indicar criterios para estimaciones de confianza: muy probable (90–99 por ciento de probabilidad) y probable (66–90 por ciento de probabilidad). Cuando las palabras probable y muy probable aparecen en cursiva, estas definiciones se aplican a un superscript 7 adjuntado; en caso contrario, muestran su uso normal.

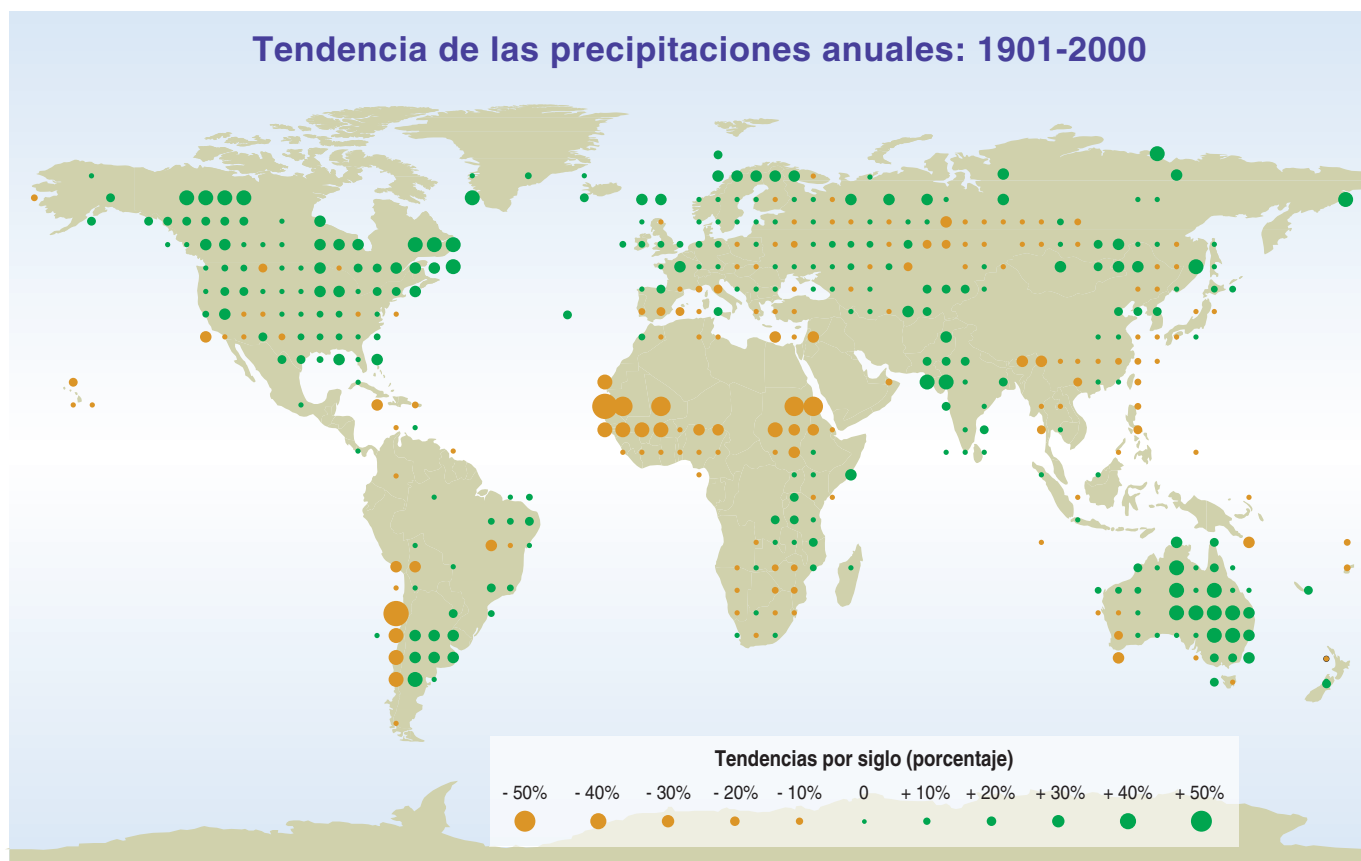


Figura 3: Las precipitaciones han aumentado durante el siglo XX en los continentes fuera de los trópicos pero han disminuido en las regiones desérticas de África y América del Sur. Las tendencias se representan por el área de los círculos; el verde representa un aumento y el marrón una disminución. Estas tendencias se calculan a partir de las anomalías medias anuales cuadrículadas, con el requisito de que los cálculos de las anomalías anuales incluyeran un mínimo de 10 meses de datos. Las tendencias se calcularon sólo para los cuadros que contenían anomalías anuales en, al menos, 66 de los 100 años. Los registros muestran un aumento general coherente con las temperaturas más cálidas y con una mayor humedad atmosférica, pero las tendencias en las precipitaciones varían enormemente entre las diferentes regiones y los datos sólo se encuentran disponibles para todo el siglo XX en algunas regiones continentales. [SI Figure 2-6a GTI TIE Figura 2-25]

observado durante los últimos 50 años se haya producido por un aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero.

La temperatura media de la superficie de la Tierra ha aumentado en un 0,6°C (0,4–0,8°C) durante los últimos 100 años, siendo el año 1998 el más cálido y la década de los 90, *muy probablemente*⁷ la década más cálida. El mayor aumento de temperaturas ha tenido lugar en latitudes medias y altas de los continentes del norte; los suelos se han calentado más que los océanos y las temperaturas nocturnas más que las diurnas. Desde el 1950, el aumento de la temperatura de la superficie marina ha sido más o menos la mitad del aumento de la temperatura media del aire en la superficie terrestre, y las temperaturas mínimas diarias durante la noche sobre las zonas terrestres han aumentado en un 0,2°C cada década, cerca del doble del aumento que se ha registrado en las temperaturas máximas del aire durante el día. [GTI TIE Capítulos 2 y 12, y GTII TIE RRP]

Las precipitaciones han aumentado muy probablemente⁷ durante el siglo XX entre un 5 y un 10 por ciento en la mayor

parte de las latitudes medias y altas de los continentes del hemisferio norte, pero, en contraste, *es probable* que las precipitaciones hayan disminuido en un promedio del 3 por ciento sobre una gran parte de las áreas terrestres subtropicales (ver Figura 3). El aumento de la temperatura media de la superficie mundial va a producir *muy probablemente*⁷ cambios en las precipitaciones y en la humedad atmosférica debido a los cambios en la circulación atmosférica, un ciclo hidrológico más activo y un aumento en la capacidad para retención de agua en la atmósfera. La frecuencia de fuertes precipitaciones (50 mm en 24 horas) ha aumentado *probablemente*⁷ en un 2–4 por ciento en latitudes medias y altas del hemisferio norte en la segunda mitad del siglo XX. Se han registrado aumentos relativamente pequeños de grandes sequías o grandes épocas húmedas durante el siglo XX en zonas terrestres. En muchas regiones, estos cambios se han visto dominados por una variabilidad climática de unos años o de décadas, sin que se pueda identificar ninguna tendencia de importancia. [GTI TIE RRP y GTI TIE Secciones 2.5, 2.7.2.2, y 2.7.3]

3.3. Cambios observados en la cubierta de nieve, las capas de hielo en mares y ríos, los glaciares y el nivel del mar

La cubierta de nieve y la extensión del hielo han disminuido.

Es *muy probable*⁷ que la extensión de la cubierta de hielo haya disminuido en un promedio de cerca de un 10 por ciento en el hemisferio norte desde finales de la década de los 1960 (especialmente como consecuencia de cambios por primavera en América y Eurasia) y que la duración anual de la cubierta de hielo sobre ríos y lagos en latitudes medias y altas del hemisferio norte se haya reducido en cerca de 2 semanas durante el siglo XX. También ha tenido lugar una retirada generalizada de los glaciares montañosos en regiones no polares durante el siglo XX. Es *probable*⁷ que la extensión del hielo marino durante el verano y la primavera en el hemisferio norte haya disminuido en un 10–15 por ciento durante el periodo 1950–2000, y que el grosor del hielo sobre el mar Ártico a finales de verano y principios de otoño haya disminuido en un 40 por ciento en los últimos tres décadas del siglo XX.

Mientras no se han registrado cambios en la extensión del hielo sobre el mar Antártico en el periodo 1978–2000 que acompañasen el aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra, el calentamiento regional en la Península Antártica coincidió con el derrumbe de la placa de hielo Prince Gustav y partes de la placa de hielo Larsen durante la década de 1990. [GTI TIE RRP y GTI TIE Capítulo 2]

El nivel del mar se ha elevado. Basándonos en los registros del caudal de las mareas, después de realizar correcciones por movimientos verticales de tierra, la elevación anual media durante el siglo XX fue de entre 1 y 2 mm. La elevación observada del nivel del mar a lo largo del siglo XX es, dentro de las incertidumbres presentes, coherente con las simulaciones de los modelos, y es *muy probable*⁷ que el calentamiento del siglo XX haya contribuido de manera importante a la elevación observada del nivel medio de los mares mediante la expansión térmica del agua marina y la pérdida generalizada de hielo. [GTI TIE RRP y GTI TIE Secciones 2.2.2.5 y 11.2.1]

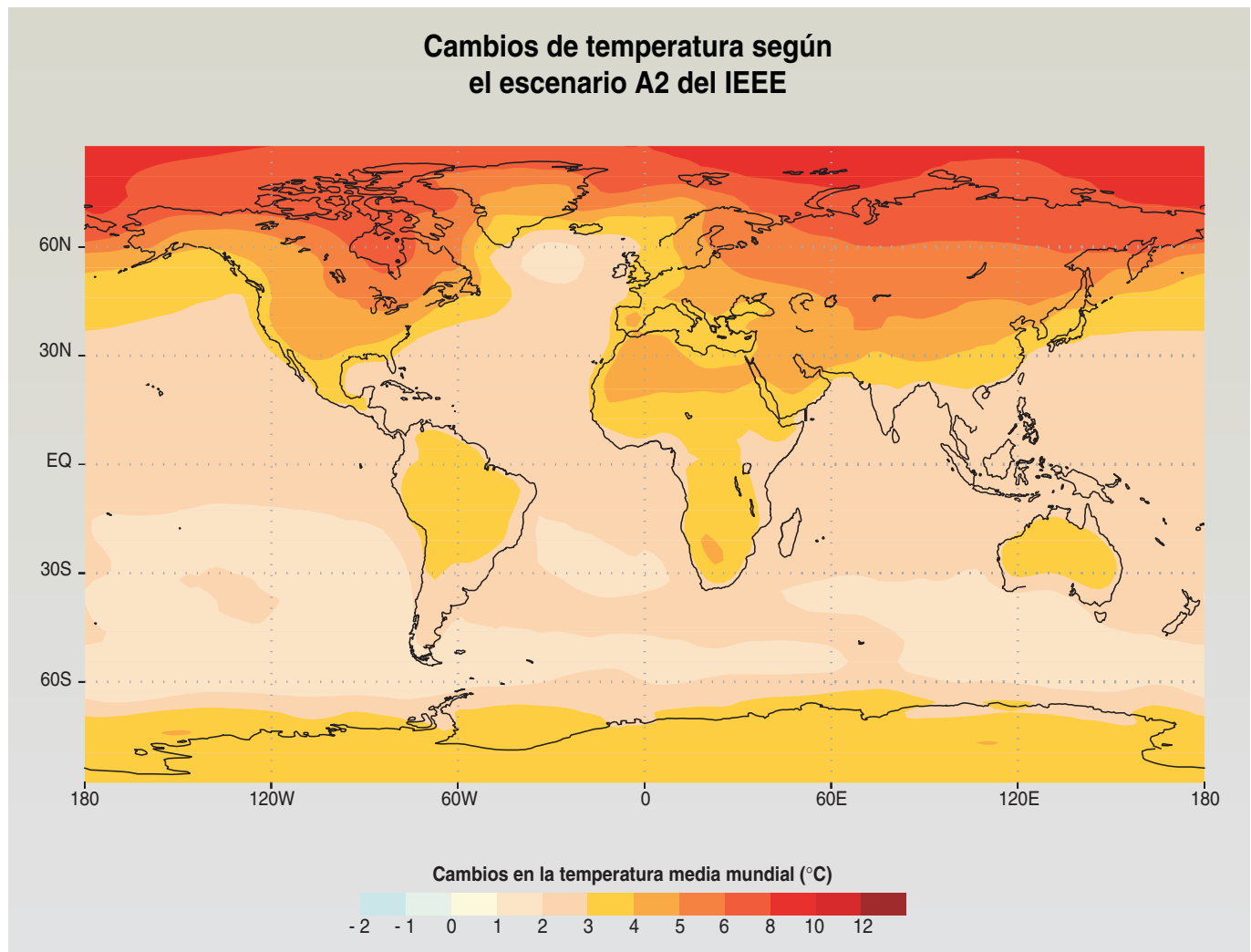


Figura 4: Cambios en la temperatura media anual según el escenario A2 del IEEE. La figura muestra el periodo 2071–2100 relativo al periodo 1961–1990. Los cálculos se realizaron con simulaciones generales de la circulación atmósfera-oceano. El calentamiento medio anual mundial estimado por las simulaciones utilizadas para el escenario A2 se comprende entre 1,2 y 4,5°C. [SI Figura 3–2a y GTI TIE Figuras 9.10d,e]

Tabla 1: Cambios en la atmósfera, clima y sistema biofísico terrestre durante el siglo XX.^a [SI Tabla RRP-1]

Indicador/Característica	Cambios observados
Indicadores de la concentración	
Concentración atmosférica de CO ₂ Intercambio de CO ₂ en la biosfera terrestre Concentración atmosférica de CH ₄ Concentración atmosférica de N ₂ O Concentración troposférica de O ₃ Concentración estratosférica de O ₃ Concentraciones atmosféricas de HFC, PFC, y SF ₆	De 280 ppm durante el periodo 1000–1750 a 368 ppm en el año 2000 (31±4% de aumento). Fuente cumulativa de aprox. 30 Gt C entre los años 1800 y 2000; pero durante la pasada década de 1990 un sumidero neto de unos 14±7 Gt C. De 700 ppb durante el periodo 1000–1750 a 1.750 ppb en el año 2000 (151±25% de aumento). De 270 ppb durante el periodo 1000–1750 a 316 ppb en el año 2000 (17±5% de aumento). Aumentó en un 35±15% entre 1750 y 2000, y varía según la zona. Disminuyó durante el periodo 1970–2000, y varía con la altitud y la latitud. Aumentaron en todo el mundo durante los últimos 50 años.
Indicadores meteorológicos	
Temperatura media global de la superficie Temperatura de la superficie del hemisferio norte Gama de temperaturas diurnas en la superficie Índice de calor/días de calor Días fríos/con heladas Precipitación continental Fenómenos de fuerte precipitación Frecuencia y gravedad de sequías	Aumentó en un 0.6±0.2°C durante el siglo XX; las zonas terrestres se calentaron más que los océanos (<i>muy probablemente</i> ⁷). Aumentó durante el siglo XX más que durante ningún otro siglo durante los últimos 1000 años. La década de los 90 fue la más cálida de todo el milenio (<i>probablemente</i> ⁷). Disminuyó en el periodo 1950–2000 en las superficies terrestres: las temperaturas mínimas nocturnas aumentaron el doble que las temperaturas máximas diurnas (<i>probablemente</i> ⁷). Aumentó (<i>probablemente</i> ⁷). Disminuyeron en casi todas las zonas terrestres durante el siglo XX (<i>muy probablemente</i> ⁷). Aumentó en un 5–10 por ciento durante el siglo XX en el hemisferio norte (<i>muy probablemente</i> ⁷), aunque disminuyó en algunas regiones (por ejemplo, el norte y oeste de África y partes del Mediterráneo). Aumentaron en latitudes medias y altas del norte (<i>probablemente</i> ⁷). Aumentaron las sequías y periodos secos durante el verano en algunas áreas (<i>probablemente</i> ⁷). Se ha observado un aumento en la frecuencia e intensidad de las sequías durante décadas recientes en algunas regiones tales como en partes de Asia y de África.
Indicadores biológicos y físicos	
Nivel medio mundial del mar Duración de la cubierta de hielo en ríos y lagos Grosor y extensión del hielo del mar Ártico Glaciares no polares Cubierta de hielo Permafrost Fenómenos relacionados con El Niño Estación de crecimiento Extensión geográfica de plantas y animales Cría, floración y migración Decoloración de arrecifes coralinos	Aumentó a un régimen medio anual de 1 a 2 mm durante el siglo XX. Disminuyó unas 2 semanas durante el siglo XX en latitudes medias y altas del hemisferio norte (<i>muy probablemente</i> ⁷). Se redujo su grosor en un 40 por ciento en décadas recientes desde finales de verano a principios de otoño (<i>probablemente</i> ⁷) y disminuyó en extensión en un 10–15 por ciento desde la década de 1950 durante primavera y verano. Retirada generalizada durante el siglo XX. Disminuyó su área un 10 por ciento, desde que se dispone de observaciones mundiales por satélite a partir de la década de los 1960 (<i>muy probablemente</i> ⁷). Se derritió, calentó y degradó en partes de las regiones polares, subpolares y montañosas. Presentan una mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20–30 años en comparación con los 100 años anteriores. Aumentó en entre 1 a 4 días por década durante los últimos 40 años en el hemisferio norte, especialmente en latitudes altas. Desplazamiento hacia los polos y hacia mayores altitudes de plantas, insectos, pájaros y peces. Anticipación en la floración de plantas, la llegada de pájaros y fechas de crianza, así como la pronta aparición de insectos en el hemisferio norte. Aumenta su frecuencia, especialmente durante los fenómenos relacionados con El Niño.
Indicadores económicos	
Pérdidas económicas relacionadas con la meteorología	Las pérdidas mundiales ajustadas a la inflación ascendieron en una unidad de magnitud durante los últimos 40 años. Parte de la tendencia al alza observada se encuentra vinculada a factores socioeconómicos y parte se relaciona con factores climáticos.

^a Esta tabla proporciona ejemplos de cambios clave observados y no es una lista completa. Incluye tanto cambios atribuibles a cambios climáticos antropogénicos como los causados por variaciones naturales o por cambios climáticos antropogénicos. Se informa de los niveles de confianza cuando hayan sido explícitamente evaluados por el Grupo de Trabajo I.

3.4. Cambios observados en la variabilidad climática

Los episodios de calentamiento del fenómeno conocido como Oscilación Austral de El Niño (ENOA) han sido más frecuentes, persistentes e intensos desde mediados de los años 1970, si los comparamos con los 100 años anteriores. El ENOA afecta de manera sistemática a las variaciones regionales de temperatura y precipitación en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales y las áreas de latitudes medias. [GTI TIE RRP y GTI TIE Capítulo 2]

3.5. Cambios observados en fenómenos climáticos extremos

Se han observado cambios en algunos fenómenos climáticos y meteorológicos extremos. Es probable⁷ que en casi todas las zonas terrestres se hayan experimentado unas temperaturas máximas más altas, más días calurosos, y un aumento del índice de calor, y es muy probable⁷ que hayan habido temperaturas mínimas más altas y menos días fríos y con heladas. Además de esto, es probable⁷ que el verano en el interior de los continentes haya sido más seco y con un riesgo más alto de sequías en algunas áreas. [GTI TIE RRP y GTI TIE Capítulo 2]

4. Cambios estimados en el clima

Los cambios en el clima ocurren como resultado de la variabilidad interna del sistema climático y de factores externos (tanto naturales como antropogénicos). Las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles provenientes de actividades humanas modifican la composición de la atmósfera. El aumento de gases de efecto invernadero tiende a calentar el clima de la Tierra, y el aumento de los aerosoles puede calentarlo o enfriarlo. Se espera que las concentraciones de CO₂, la temperatura media mundial de la superficie, y el nivel del mar aumenten durante el siglo XXI. También se esperan importantes diferencias en los cambios climáticos regionales (ver Figuras 4 y 5) y en el nivel del mar, comparados con el cambio medio mundial. Además, se espera un aumento de la variabilidad climática y de algunos fenómenos climáticos extremos.

El GTI TIE proporcionó unas proyecciones climáticas revisadas mundiales y, hasta cierto punto, regionales, basadas en una nueva serie de escenarios de emisiones a partir del Informe Especial del IPCC: Escenarios de Emisiones (IEEE). Los escenarios del IEEE, que no incluyen ninguna intervención política climática, consisten en seis grupos de escenarios basados en un punto de vista narrativo. Todos ellos son posibles y coherentes, y no se les asigna ninguna probabilidad de ocurrencia. Abarcan cuatro combinaciones de presunciones demográficas, sociales, económicas y de amplio desarrollo tecnológico (ver Recuadro 1). Cada uno de estos escenarios tiene como resultado una serie de trayectorias para la emisión de gases de efecto invernadero. [GTI TIE RRP y GTI TIE Sección 4.3]

4.1. Cambios estimados en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero y aerosoles

Todos los escenarios de emisiones utilizados en el TIE tienen como resultado un aumento de la concentración atmosférica de CO₂ a lo largo de los próximos 100 años. La concentración estimada para el año 2100 de CO₂, el principal gas antropogénico de efecto invernadero, oscila entre 540 y 970 ppm, comparada con cerca de ~280 ppm en la época preindustrial y cerca de 368 ppm en el año 2000. Las diferentes presunciones socioeconómicas (demográficas, sociales, económicas y tecnológicas) tienen como resultado diferentes niveles de gases de efecto invernadero y aerosoles en el futuro. Existen más incertidumbres, sobre todo las que se refieren a la persistencia de los procesos de eliminación actuales (los sumideros de carbono) y la magnitud del impacto de la respuesta climática en la biosfera terrestre, producen una variación de -10 a +30 por ciento en la concentración estimada en cada escenario para el año 2100. Por lo tanto, la gama total para el año 2100 sería de 490 a 1.260 ppm (entre un 75 y un 350 por ciento por encima de los niveles preindustriales). [GTI TIE Sección 3.7.3.3]

Los escenarios del IPCC incluyen la posibilidad de un aumento o una disminución de los aerosoles antropogénicos, dependiendo del uso de combustibles fósiles y de las políticas para reducir las emisiones de sulfatos. Se espera que las concentraciones de aerosoles de sulfatos caigan por debajo de los niveles actuales hacia el año 2100 en todos los seis escenarios ilustrativos del IEEE, mientras que los aerosoles naturales (por ejemplo la sal marina, el polvo, y las emisiones que conllevan aerosoles de carbono y sulfato) aumenten como resultado de cambios en el clima. [GTI TIE RRP, GTI TIE Sección 5.5 y IEEE Sección 3.6.4]

4.2. Cambios estimados en la temperatura de la superficie terrestre y en precipitaciones

Se espera que la temperatura media de la superficie del planeta aumente en entre 1,4° y 5,8° en el periodo 1990–2100, y que las áreas terrestres vayan a sufrir un calentamiento mayor que la media mundial. Los aumentos medios mundiales esperados son entre 2 y 10 veces mayores que el valor central del calentamiento observado durante el siglo XX, y es muy probable⁷ que el nivel estimado de calentamiento no tenga precedente durante, al menos, los últimos 10.000 años. Durante los periodos 1990–2025 y 1990–2050, los aumentos esperados se encuentran comprendidos entre 0,4 y 1,1°C y de entre 0,8 y 2,6°C respectivamente. El cambio más destacado es el calentamiento en las regiones del norte de América, y del norte y Centro de Asia, que superan cada una el calentamiento medio mundial en más del 40 por ciento. En contraste, el calentamiento es menor que el cambio medio mundial en el sur y el sudeste de Asia durante el verano, y en el sur de Sudamérica durante el invierno (ver, por ejemplo, Figura 4). [GTI TIE Secciones 9.3.3 y 10.3.2]

Se espera que aumente la precipitación media anual en todo el mundo durante el siglo XXI, con aumentos y disminuciones

de entre un 5 y un 20 por ciento a escala regional. Se espera que aumente la media anual de precipitaciones, vapor de agua y evaporación en todo el planeta durante el siglo XXI. Es probable⁷ que las precipitaciones aumenten en las regiones situadas en latitudes altas tanto en verano como en invierno. También se esperan aumentos en latitudes medias del norte, en la zona tropical de África y en el Antártico durante el invierno, y en el sur y este de Asia en verano. Las precipitaciones durante el invierno continuarán descendiendo en Australia, América Central y el sur de África. Es muy probable⁷ que en la mayoría de las zonas en donde se espera un aumento medio de la precipitación se observen mayores variaciones de precipitaciones de un año a otro. [GTI TIE, Secciones 9.3.1–2 y 10.3.2]

4.3. Cambios estimados en la variabilidad climática y fenómenos climáticos extremos

Las simulaciones esperan que el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero va a tener como resultado cambios en la variabilidad de temperaturas diarias, estacionales, interanuales y entre décadas. Se espera que disminuyan las temperaturas diurnas en muchas regiones, con más aumento de las temperaturas mínimas nocturnas que el

incremento de las temperaturas máximas diurnas. La mayoría de las simulaciones sugieren una reducción de la variabilidad diaria de la temperatura del aire en la superficie durante el invierno, y un aumento de la variabilidad diaria en verano en zonas terrestres del hemisferio norte. Aunque los cambios futuros en la variabilidad de El Niño difieren entre simulaciones, las estimaciones actuales muestran pocos cambios o un pequeño aumento en la amplitud de los fenómenos asociados con El Niño durante los próximos 100 años. Muchas simulaciones muestran una respuesta media en el Pacífico tropical muy parecida a la de El Niño, con una proyección de las temperaturas de la superficie del mar en las zonas central y ecuatorial este del Pacífico y un calentamiento superior a las del oeste del Pacífico ecuatorial, lo que se traducirá en un desplazamiento hacia el este de las precipitaciones. Incluso con poco cambio o sin cambio en la fuerza de El Niño es probable⁷ que el calentamiento mundial produzca extremos en sequías y fuertes precipitaciones, y que aumente el riesgo de las sequías e inundaciones que acompañan los fenómenos asociados con El Niño en muchas partes del mundo. No existe un acuerdo claro relacionado con pautas sobre los cambios en la frecuencia o estructura oceánicas y atmosféricas que tienen lugar de manera natural, como la Oscilación Atlántica Norte. [GTI TIE Secciones 9.3.5–6 y GTII TIE Sección 14.1.3]

Recuadro 1. Los escenarios del IEEE [GTI TIE RRP, GTI TIE Sección 4.3 y IEEE]

A1. El argumento y escenario de esta familia de simulaciones describen un futuro de rápido crecimiento económico, de incremento de población que alcanza su punto máximo a mediados de siglo y decrece posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficaces. Los principales problemas son la convergencia entre las regiones, el desarrollo de capacidad y un aumento de interacciones culturales y sociales, con una importante reducción de diferencias regionales en ingresos per capita. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que muestran las direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos en A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: con un gran empleo de combustibles fósiles (A1FI), con fuentes de energía no provenientes de combustibles fósiles (A1T) y un equilibrio en todas las fuentes (A1B)—en donde se define el ‘equilibrio’ como algo que no precisa un tipo de energía en particular, o supone que se aplican niveles parecidos de mejora a todas las fuentes de energía y tecnologías para usos finales.

A2. El argumento y escenario de la familia de simulaciones A2 describen un mundo muy heterogéneo. El problema principal es la independencia y la conservación de identidades locales. Las pautas de fertilidad en todas las regiones convergen muy lentamente, lo que produce un aumento constante de población. El desarrollo económico se encuentra orientado principalmente hacia las regiones y el crecimiento económico per capita y el cambio tecnológico se encuentran más fragmentados y son más lentos que en otras simulaciones.

B1. El argumento y escenario de la familia de simulaciones B1 describen un mundo convergente y con la misma población mundial que tiene su punto máximo a mitad de siglo y disminuye posteriormente, tal y como sucede en el argumento A1, pero cuentan con un cambio rápido en las estructuras económicas hacia los servicios y la información, con reducciones en intensidad de materiales y con la incorporación de tecnologías limpias y eficientes en su uso de recursos. El énfasis en este escenario se pone en las soluciones mundiales a las cuestiones de sostenibilidad económica, social y ambiental, y la mejora de la equidad, pero sin contar con iniciativas climáticas adicionales.

B2. El argumento y escenario de la familia de simulaciones B2 describen una situación en donde se pone énfasis en las soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental. Se trata de un aumento continuo de la población mundial, aunque a un nivel menor que en A2, con niveles intermedios de desarrollo económico, y un cambio tecnológico más lento y diverso que en B1 y A1. El escenario también se orienta a la protección ambiental y a la equidad social, pero se centra en la situación local y regional.

Es muy probable⁷ que aumenten la amplitud y la frecuencia de las precipitaciones extremas en muchas regiones y se espera que disminuyan los intervalos entre los episodios de precipitaciones extremas. Esto podría originar más frecuentes inundaciones. Es *probable⁷* que la sequedad generalizada de muchas zonas continentales en verano produzca un aumento en sequías veraniegas y un incremento del riesgo de incendios. Esta sequedad generalizada se debe a un aumento en las temperaturas y la evaporación potencial no son compensados por el aumento en las precipitaciones. Es *probable⁷* que el calentamiento mundial produzca un aumento en la variabilidad de las precipitaciones durante la época monzónica del verano asiático. [GTI TIE Sección 9.3.6, GTII TIE Capítulos 4 y 9, y GTII TIE Sección 5.3]

Es muy probable⁷ que tengamos más días calurosos y olas de calor y menos días fríos y días con heladas en casi todas las

zonas terrestres. La subida de la temperatura media va a traer un aumento de temperaturas calurosas y de temperaturas máximas, con menos días helados y olas de frío. [GTI TIE Secciones 9.3.6 y 10.3.2, y GTII TIE Secciones 5.3, 9.4.2, y 19.5]

Las simulaciones de alta resolución sugieren que es probable⁷ que la intensidad máxima del viento de los ciclones tropicales aumente en algunas zonas entre un 5 y un 10 por ciento a lo largo del siglo XXI y que el régimen de precipitación puede aumentar entre un 20 y un 30 por ciento, pero ninguno de los estudios sugiere que los emplazamientos de los ciclones tropicales cambiarán. Existen pocas pruebas coherentes basadas en simulaciones que muestren cambios en la frecuencia de los ciclones tropicales. [GTI TIE Recuadro 10.2]

No existe suficiente información sobre los cambios en fenómenos a muy pequeña escala. Los fenómenos a muy pequeña escala

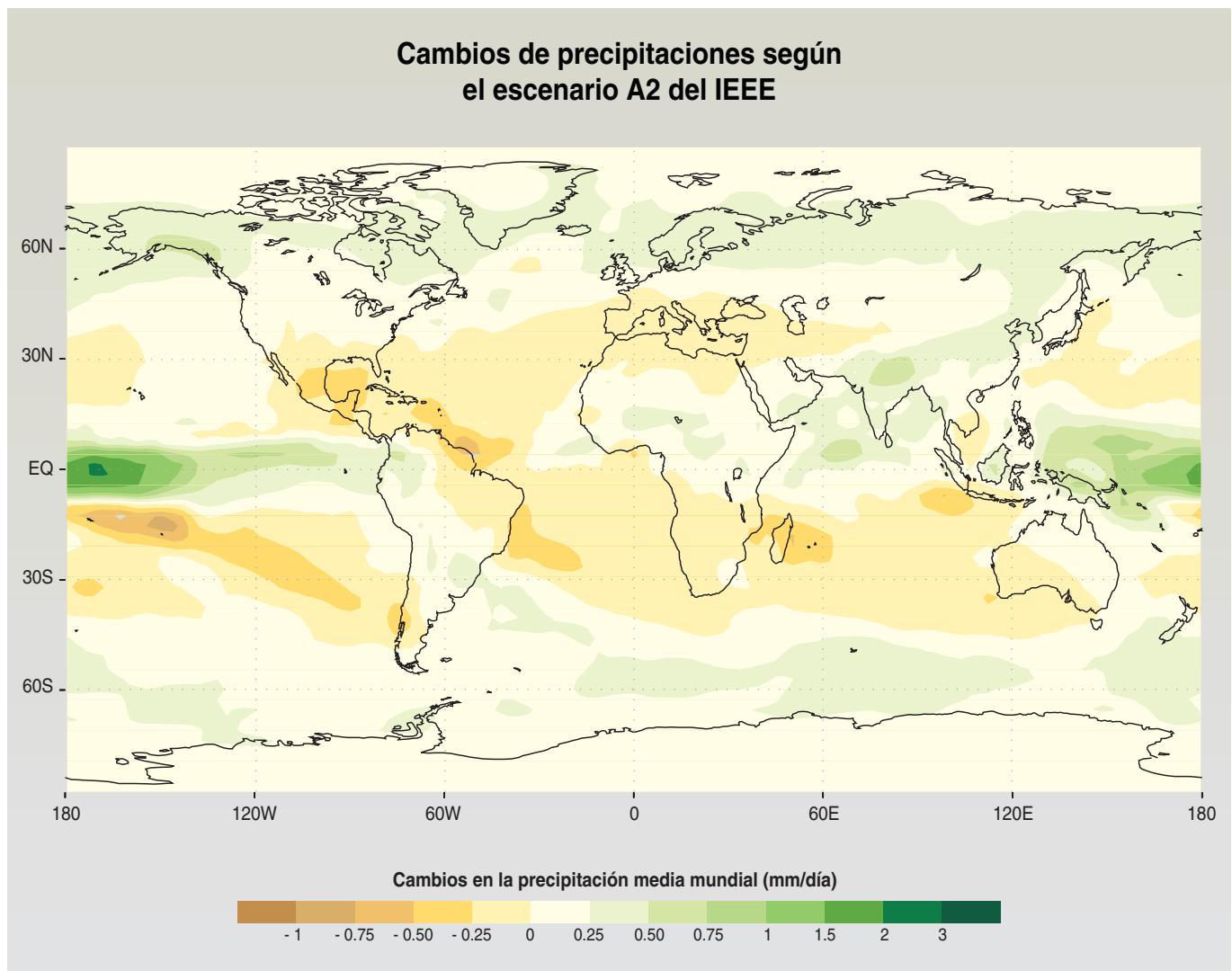


Figura 5: Cambio medio anual de precipitaciones según el escenario A2 del IEE. La figura muestra el periodo 2071–2100 relativo al periodo 1961–1990. Las proyecciones se realizaron con simulaciones generales de la circulación atmósfera-océano. [SI Figura 3–3a]

(tales como las tormentas, tornados, granizadas, granizos y relámpagos) no se simulan en las simulaciones climáticas mundiales. [GTI TIE Sección 9.3.6]

4.4. Cambios estimados en la cubierta de nieve, las capas de hielo en mares y ríos, los glaciares y el nivel del mar

Se espera que los glaciares y las cubiertas de hielo continúen su retirada generalizada durante el siglo XXI. Se prevé que disminuyan aún más la capa de nieve en el hemisferio norte, el permafrost y la extensión del hielo marino. Es probable⁷ que la capa de hielo antártica aumente su masa debido a la precipitación aumentada, mientras que la de Groenlandia la pierda porque la fusión excederá el aumento en la precipitación. [GTI TIE Sección 11.5.1]

Se estima que el nivel medio mundial del mar se eleve en un 0,09–0,88 m entre los años 1990 y el 2100, con importantes variaciones regionales. Para los periodos 1990–2025 y 1990–2050, la elevación estimada es de 0,03–0,14 m y de 0,05–0,32 respectivamente. La causa principal es la expansión térmica de los océanos y la pérdida de masa de glaciares y las capas de hielo. El nivel estimado de variaciones regionales en el cambio en el nivel del mar es importante si lo comparamos con la elevación estimada del nivel del mar mundial, ya que el nivel del mar en la orilla se determina por una serie de factores adicionales (tales como la presión atmosférica, la fuerza del

viento y la profundidad termoclínica). La confianza en la distribución regional de los cambios del nivel del mar en simulaciones complejas es baja ya que los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones varían mucho, aunque casi todas ellas esperan un aumento mayor que la media en el Océano Ártico, y menor que la media en el Océano Austral. [GTI TIE Secciones 11.5.1–2]

5. Cambios observados en los ecosistemas terrestres y marinos asociados con el cambio climático

Las actividades humanas han producido cambios en los ecosistemas, con una consiguiente pérdida de biodiversidad en muchas regiones. Estos cambios en ecosistemas son debidos principalmente a factores como las pautas cambiantes en el uso de los suelos, y la degradación de muchos ecosistemas debido primordialmente a la degradación de los suelos, la degradación en la cantidad y calidad de las aguas, la pérdida, modificación y fragmentación del hábitat, la explotación selectiva de especies, y la introducción de especies no autóctonas. El clima y el cambio climático pueden afectar a los ecosistemas y a la biodiversidad que albergan de muchas formas (ver Recuadro 2); el cambio climático ha contribuido ya a cambios observados en ecosistemas terrestres (incluyendo los suelos y las aguas en el interior) y marinos durante décadas recientes, y estos cambios han sido a la vez beneficiosos y adversos. [GTII TIE Secciones 5.1–2]

5.1. Cambios observados en la distribución de especies terrestres (incluyendo las de aguas dulces), tamaño de la población, y la composición de las comunidades

Recuadro 2. El cambio climático y los ecosistemas [GTII TIE Secciones 5.5.3, 5.6.4, 6.3.7, 16.2.3.4, y 16.2.6.3 y GTII SIE Sección A.2]

El clima es el principal factor que controla las pautas mundiales de la vegetación, su estructura, la productividad, y la mezcla de especies animales y vegetales. Muchas plantas se pueden reproducir y crecer con éxito únicamente dentro de un rango específico de temperaturas, y responder a determinadas cantidades y patrones estacionales de precipitación; pueden verse desplazadas debido a competencia con otras plantas, o incluso no pueden sobrevivir si cambia el clima. Los animales también necesitan determinadas gamas de temperatura y/o precipitación y también dependen de la persistencia constante de las especies de las que se alimentan.

Los cambios en la variabilidad climática, en los extremos y en los valores medios determinan los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas. La variabilidad y los extremos climáticos pueden también ser influenciadas de forma recíproca con otras presiones derivadas de la actividad humana. Por ejemplo, la extensión y la persistencia de incendios (tales como los producidos en los bordes de los bosques de turberas en el sur de Sumatra, Kalimantan y Brasil durante recientes fenómenos asociados con El Niño) muestran la importancia de interacciones entre el clima y las acciones humanas para determinar la estructura y composición de los bosques y los usos de los suelos.

El IPCC evaluó el efecto del cambio climático en los sistemas biológicos con la evaluación de 2.500 estudios publicados. De estos estudios, 44 que incluyeron cerca de 500 taxones cumplieron con los siguientes criterios: 20 o más años de datos recogidos; la medición de las temperaturas como una de las variables; los autores del estudio encontraron importantes cambios estadísticos en el parámetro biológico/físico y en la temperatura medida; y una importante correlación estadística entre la temperatura y el cambio en el parámetro biológico/físico. Algunos de estos estudios investigaron los diferentes taxones (por ejemplo, pájaros e insectos) en el mismo documento. De un total de 59 plantas, 47 invertebrados, 29 anfibios y reptiles, 388 pájaros, y 10 especies de mamíferos, aproximadamente un 80 por ciento mostraron cambios en el parámetro biológico medido (entre ellos el principio y final de la época de cría, cambios en las pautas de migración, cambios en la distribución de plantas y animales, y cambios en el tamaño de los cuerpos) de la forma que se esperaba dado el calentamiento mundial, mientras que el 20 por ciento mostró cambios en el sentido contrario. La mayoría de estos estudios se llevaron a cabo (debido a las decisiones de financiación de estudios a largo plazo) en áreas templadas y latitudes altas y en algunas zonas de altitudes altas. Estos estudios muestran que algunos ecosistemas que son particularmente sensibles a cambios en el clima regional (por ejemplo los ecosistemas de latitudes y altitudes altas) ya se han visto afectados por cambios en el clima. [SI P2.21 y GTII TIE Secciones 5.2 y 5.4]

Se ha producido un impacto apreciable del cambio climático regional en sistemas biológicos durante el siglo XX, sobre todo en lo que se refiere a aumentos en temperaturas. En muchas partes del mundo, los cambios observados en estos sistemas, ya sean antropogénicos o naturales, guardan coherencia en diversas localidades y son consistentes con los efectos estimados de los cambios regionales de temperaturas. La probabilidad de que los cambios ocurran en la dirección esperada (sin referencia a su magnitud) y de que esto suceda únicamente de pura casualidad es insignificante. Dichos sistemas incluyen, por ejemplo, el tiempo adecuado para la reproducción o migraciones, la extensión del periodo de cría, la distribución de las especies y los tamaños de las poblaciones. Estas observaciones identifican el cambio del clima regional como un causante de gran importancia. Se han observado cambios en los tipos, intensidad y frecuencia de las alteraciones (por ejemplo, incendios, sequías o fuertes rachas de viento) que se ven afectadas por cambios climáticos regionales y por prácticas en el uso de los suelos y éstas, a su vez, afectan a la productividad y la composición de las especies dentro de un ecosistema, especialmente en altitudes y latitudes altas. También ha cambiado la frecuencia de plagas y brotes de enfermedades, especialmente en sistemas boscosos, y esto se puede vincular a cambios en el clima. Los fenómenos climáticos extremos y su variabilidad (inundaciones, granizos, temperaturas muy frías, ciclones tropicales y sequías) y las consecuencias de algunos de estos fenómenos (por ejemplo, los desplazamientos de los suelos y los incendios) han afectado a los ecosistemas en muchos continentes. Fenómenos climáticos, tales como los de El Niño que se registraron durante el periodo 1997–1998, han tenido grandes impactos sobre muchos ecosistemas terrestres, ya sean manejados de manera intensiva o no (por ejemplo, la agricultura, los humedales, las zonas de pastoreo y los bosques) y han afectado a las poblaciones humanas que se basan en ellos. [SI P2.21, GTII TIE Figura RRP–2, y GTII TIE Secciones 5.4, 5.6.2, 10.1.3.2, 11.2, y 13.1.3.1]

Se han observado cambios en el tiempo de acontecimientos biológicos (fenología). Dichos cambios se han registrado para muchas especies [GTII TIE Sección 5.4.3.1 y GTII TIE Tabla 5–3], por ejemplo:

- Unas temperaturas más cálidas durante otoño–primavera van a afectar a la aparición, crecimiento y reproducción de algunas especies de invertebrados resistentes al frío.
- Entre 1978 y 1984, dos especies de ranas que vivían en el extremo norte de su hábitat tradicional en el norte del Reino Unido comenzaron a depositar huevos 2–3 semanas antes de lo normal. Este cambio estaba correlacionado con la temperatura, que también mostró una tendencia al alza durante el periodo de tiempo estudiado.
- Un comienzo anticipado en el proceso de cría de algunas especies de pájaros en Europa, América del Norte y América Latina. En Europa, la puesta de huevos se ha adelantado en los últimos 23 años; en el Reino Unido 20 de 65 especies, entre las que figuran especies que migran a larga distancia, adelantaron la puesta de huevos en una media de 8 días entre los años 1971 y 1995.

- Cambios en migraciones de insectos y pájaros con la llegada anticipada de especies migratorias durante la primavera en Estados Unidos, el retraso en la salida de Europa durante el otoño, y cambios en las pautas migratorias en África y Australia.
- Desequilibrio en el tiempo de cría de especies de pájaros por ejemplo, el Carbonero Común (*Parus major*), con otras especies, incluyendo las que utilizan como alimentos. Esta desigualdad podría producir una salida de los cascarones cuando los suministros de alimentos escasean.
- La floración anticipada y la extensión de la época de crecimiento de algunas plantas (en Europa, 11 días durante el periodo 1959–1993).

Muchas especies han mostrado cambios en su morfología, fisiología y conducta asociados con cambios en las variables climáticas. Por ejemplo, las tortugas pintadas han crecido más durante los años más cálidos y han llegado antes a su madurez sexual durante una serie de años calurosos; el peso de la rata maguiera de América del Norte (*Neotoma sp.*) ha disminuido con el aumento de temperatura durante los últimos ocho años; el ciervo joven (*Cervus elaphus*) de Escocia ha crecido más rápidamente durante las primaveras más cálidas, lo que ha llevado a un aumento en el tamaño del cuerpo de los adultos; y algunas ranas han empezado a croar antes o con mayor fuerza para atraer a los machos durante los años cálidos. [GTII TIE Sección 5.4.3.1.3]

Se han observado cambios en la distribución de las especies vinculados a cambios en factores climáticos. Se ha observado un desplazamiento en gamas y densidades de animales (asociado probablemente al clima) en la mayoría de los continentes, en las regiones polares y dentro de los principales grupos taxonómicos de animales (es decir, los insectos, anfibios, pájaros, y mamíferos) [GTII TIE Secciones 5.4.3.1.1 y 13.2.2.1], por ejemplo:

- Se ha notado que las variedades de mariposas en Europa y América del Norte se han desplazado hacia el polo y en altura a medida que han aumentado las temperaturas. Un estudio de 35 mariposas no migratorias en Europa ha mostrado que más del 60 por ciento se han desplazado unos 35–240 Km. hacia el norte durante el siglo XX. El aumento de algunas especies de mariposas de bosques y de polillas en Europa Central en los primeros años de la década de 1990, incluyendo la lagarta (*Lymantria dispar*), ha estado vinculado con el aumento en las temperaturas, igual que el desplazamiento hacia el polo de algunas especies de libélulas y alguaciles (*Odonata*), cucarachas, saltamontes y langostas (*Orthoptera*).
- La gama primaveral del pato marino o bernicla (*Branta leucopsis*) se ha desplazado hacia el norte a lo largo de la costa de Noruega. Algunos pájaros se han desplazado hacia el polo en el Antártico. Es posible que el rango de elevación de algunos pájaros del bosque tropical de Costa Rica también se esté desplazando.

Los cambios en variables climáticas han producido una frecuencia e intensidad cada vez mayor de brotes de plagas y

enfermedades acompañadas de desplazamientos hacia el polo o hacia altitudes más altas de los organismos que producen enfermedades/plagas. Por ejemplo, los brotes de *Choristoneura fumiferana* siguen frecuentemente las sequías y/o los veranos secos en partes de su gama. La dinámica del organismo que hospeda una plaga se puede ver afectada por la sequía, aumentando la presión sobre los árboles receptores y la cantidad de huevos puestos por la *Choristoneura fumiferana* (por ejemplo, el número de huevos puestos a 25°C es hasta un 50 por ciento mayor que los puestos a 15°C). Algunos episodios han persistido por la ausencia de heladas a finales de primavera, que no han eliminado los brotes nuevos que son la fuente de alimentación del *Choristoneura fumiferana*. La distribución de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores (como la malaria y el dengue) y las transmitidas por los alimentos y el agua (como la diarrea) se han visto afectadas por cambios en factores climáticos. Por ejemplo, en Suecia, la incidencia de encefalitis transmitida por garrapatas aumentó y se extendió hacia el norte tras inviernos menos fríos durante los años 1980–1994. [GTII TIE Secciones 5.6.2–3, 9.5.1, y 9.7.8]

Se han observado cambios en el flujo de las corrientes, en inundaciones, sequías, en la temperatura y en la calidad del agua. Esto ha afectado a la biodiversidad y a los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas. Las pruebas del impacto del cambio climático regional sobre los elementos del ciclo hidrológico sugieren que las temperaturas más cálidas en algunas regiones producen una intensificación de éste. El flujo máximo de las corrientes se ha retrasado desde la primavera hasta el final del invierno en una gran parte de Europa del Este, en la parte europea de Rusia, y en América del Norte durante las últimas décadas. La frecuencia aumentada de sequías e inundaciones en algunas zonas está relacionada con las variaciones climáticas (por ejemplo, las sequías en el Sahel y en las regiones nordeste y meridional de Brasil, y las inundaciones en Colombia y en noroeste del Perú). Lagos y embalses, especialmente los que se encuentran en las zonas semiáridas del mundo (por ejemplo, en partes de África) responden a la variabilidad climática con cambios acusados en el almacenamiento de las aguas, lo que en muchos casos produce un secado completo. En la región de la sabana de África, puede estar en aumento el cese de flujo estacional. Los cambios en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, junto con el cambio en el uso de los suelos en cuencas hidrológicas han producido un aumento en la erosión de los terrenos y un encenagamiento de los ríos. Esto, junto con el aumento del empleo de estiércol, fertilizantes químicos, pesticidas, y herbicidas, además de la deposición del nitrógeno atmosférico, afecta a la química de los ríos y ha dado lugar a la eutrofización, con importantes implicaciones para la calidad del agua, la composición de las especies y los bancos de pesca. Los cambios en las corrientes de los ríos han afectado a los bienes y servicios de estos ecosistemas (como, por ejemplo, la producción de peces en bancos de pesca de agua dulce, o el flujo del agua desde humedales). El aumento de la temperatura del agua ha causado un aumento de anoxia veraniega en las aguas profundas de los lagos estratificados, lo que posiblemente afecta a su biodiversidad. Se ha observado que el aumento de la temperatura del agua durante el invierno ha tenido un impacto negativo en

la viabilidad de los huevos de la perca amarilla (una especie de agua fría). [GTI TIE RRP, GTII TIE RRP, GTII TIE Secciones 4.3.6, 10.2.1.1–2, 10.2.5.3, 10.4.1, 14.3, y 19.2.2.1, GTII TIE Tabla 4–6, y GTII SIE Secciones 10.6.1.2 y 10.6.2.2]

Ecosistemas de latitud alta situados en el hemisferio norte se han visto afectados por el cambio climático regional. Por ejemplo, grandes áreas terrestres en el Ártico han mostrado una tendencia al calentamiento de la temperatura del aire durante el siglo XX de hasta 5°C, en contraste con las zonas que se enfrían en el Este de Canadá, en el Atlántico Norte y en Groenlandia. El clima más cálido ha aumentado los días de crecimiento un 20 por ciento para la agricultura y la silvicultura en Alaska, y los bosques boreales se expanden hacia el norte con un régimen aproximado de 100 a 150 Km. por °C. Se ha observado una alteración en la composición específica de plantas en la tundra, sobre todo de forbs y líquenes. Las temperaturas más altas del suelo y la fusión estacional más profunda estimulan el desarrollo del termokarst en un permafrost discontinuo relativamente cálido. Debido al termokarst, algunos bosques boreales en el centro de Alaska se transformaron en amplios humedales durante las últimas décadas del siglo XX. El área de bosque boreal quemado anualmente en el Oeste de América del Norte se ha duplicado durante los últimos 20 años, siguiendo la tendencia al calentamiento en la región. Se ha observado una tendencia similar en los bosques de Eurasia. [GTII TIE Secciones 1.3.1, 5.2, 5.6.2.2.1, 5.9, 10.2.6, 13.2.2.1, 14.2.1, 15.2, 16.1.3.1, y 16.2.7.3]

5.2. Cambios observados en sistemas costeros y marinos

Los arrecifes coralinos se encuentran afectados adversamente por la subida de temperaturas en la superficie del mar. Muchos arrecifes coralinos viven cerca o en el mismo umbral de su tolerancia de temperatura. Desde hace algunas décadas se viene registrando en la mayoría de los océanos tropicales un aumento de las temperaturas en la superficie marina. Muchos corales han sufrido grandes, aunque a menudo parcialmente reversibles, episodios de decoloración cuando la temperatura media de la superficie marina ha aumentado en 1°C en un año determinado, mientras que un aumento de 3°C puede causar la muerte de los corales. Esto ocurre frecuentemente durante los fenómenos asociados con El Niño. Por ejemplo, la decoloración generalizada de la Gran Barrera de Arrecifes, que ha producido la muerte de algunos corales, ocurrió en los años 1997 y 1998, y se asociaba con un importante fenómeno relacionado con El Niño en el que las anomalías en las temperaturas de la superficie marina eran las más extremas de los pasados 95 años. La decoloración de los corales en los años 1997–1998 fue la más extendida geográficamente: afectó a corales en todas zonas del mundo, e incluso produjo la muerte de algunos de ellos. La decoloración también se encuentra asociada con otros problemas, por ejemplo la contaminación y las enfermedades. [SI P2 y GTII TIE Secciones 6.4.5 y 12.4.7]

Las enfermedades y la toxicidad han afectado a los ecosistemas costeros. Los cambios en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, el pH, la temperatura de las aguas, el viento, el

CO₂ disuelto, y la salinidad, combinados con la contaminación antropogénica por nutrientes y toxinas, pueden todos afectar a la calidad del agua en estuarios y en el mar. Algunos organismos de enfermedades marinas y algunas especies de algas, incluyendo las asociadas con floraciones tóxicas, se ven muy afectadas por uno o más de estos factores. En décadas recientes, se ha informado sobre una mayor incidencia de enfermedades que afectan a los arrecifes coralinos y pastos marinos, especialmente en el Caribe y en océanos templados. La subida de la temperatura del agua asociada con El Niño se ha correlacionado con la enfermedad Dermo (causada por el parásito protozoario *Perkinsus marinus*) y la enfermedad conocida como espora multinucleada desconocida (MSX: «multinucleated spore unknown») en ostras a lo largo de las costas del Golfo y del Atlántico en Estados Unidos. [GTII TIE Secciones 6.3.8 y 12.4.7]

Cambios en los sistemas marinos, sobre todo en las poblaciones de peces, se han vinculado a oscilaciones climáticas a gran escala. Los factores climáticos afectan a los elementos bióticos y abióticos que influyen en el número y la distribución de organismos marinos, especialmente los peces. Las variaciones (con ciclos de 10–60 años o más) en el volumen de biomasa de los organismos marinos dependen de la temperatura del mar y de otros factores climáticos. Entre los ejemplos se incluyen las fluctuaciones periódicas en los regímenes hidrográficos y climáticos en el Mar de Barents, que se ven reflejadas en las variaciones en la producción comercial de peces durante los últimos 100 años. De forma parecida, los registros de capturas de bacalao en el Noroeste del Océano Atlántico durante el periodo 1600–1900 muestran una clara correlación entre dichas capturas y la temperatura del agua a la vez que ciclos de unos 50–60 años durante los que han tenido lugar cambios en la estructura de la población de bacalao. Variaciones a más corto plazo en el bacalao del Mar del Norte se han relacionado con una combinación de pesca excesiva y de calentamiento durante los últimos 10 años. Acontecimientos de una duración de menos de una década, como los de El Niño, afectan a los bancos de pesca (por ejemplo, de arenques o sardinas) de las costas de América del Sur y África, y las oscilaciones que se registran de década en década en el Pacífico se vinculan a una disminución de los bancos de pesca en la Costa Oeste de Estados Unidos. La temperatura anómalamente fría de la superficie de las aguas que ocurrió en el noroeste del Atlántico en los primeros años de la década de 1990 cambió la composición de las especies de peces en la superficie de las aguas de los Grand Banks de Terranova. [GTI TIE Sección 2.6.3, GTII TIE Secciones 6.3.4, 10.2.2.2, 14.1.3, y 15.2.3.3, y GTII TIE Recuadro 6–1]

Se han detectado grandes fluctuaciones en la cantidad de pájaros y mamíferos marinos en todo el Pacífico y el Oeste Ártico, y muchas de ellas pueden estar relacionadas con los regímenes cambiantes de alteraciones, variabilidad climática y acontecimientos extremos. Cambios persistentes en el clima pueden afectar a las poblaciones de los predadores principales, afectando de esta forma a la cantidad de organismos existentes en la cadena alimenticia. Por ejemplo, en las Islas Aleutianas, las poblaciones de peces han sido impulsadas por fenómenos

climáticos y la pesca excesiva, cambiándose de esta forma el comportamiento y el tamaño de las poblaciones de orcas y nutrias de mar (y afectando de esta forma los bosques de quelpo). Las aves marinas dependen de especies de peces específicas, sobre todo durante la época de cría, y por lo tanto son muy sensibles a pequeños cambios en el entorno oceánico, tales como los resultantes del cambio climático. La disminución de algunas especies de aves marinas, el aumento del número de algunas especies muy comunes y los cambios en la ubicación de otras especies han sido asociados con los cambios que se han registrado en los sistemas actuales (por ejemplo, en California). Sin embargo, los cambios en los parámetros de población y su ubicación podrían verse influenciados por cambios en las poblaciones de los peces que son presas, así como en las pautas de migración de aves y, por lo tanto, no pueden ser claramente atribuidos a cambios en las corrientes oceánicas ni al cambio climático. Se ha discutido que su larga duración de vida y la variación genética dentro de algunas grandes poblaciones pueden hacer que las aves marinas sobrevivan a fenómenos ambientales adversos a corto plazo, tal y como se ha mostrado en las respuestas a fenómenos asociados con El Niño y La Niña en el Pacífico tropical. Sin embargo, pequeñas poblaciones que dependen de un hábitat restringido (como, por ejemplo, el Pingüino de las islas Galápagos) se pueden ver afectadas adversamente. [GTII TIE Sección 6.3.7]

6. Impactos estimados del cambio en el clima medio y en fenómenos climáticos extremos sobre ecosistemas marinos y terrestres (incluidos los acuáticos)

Se espera que el cambio climático puede afectar a individuos, poblaciones y especies y a la composición de los ecosistemas y sus funciones, ya sea directamente (mediante una subida de las temperaturas, cambios en las precipitaciones y, en el caso de sistemas acuáticos, cambios también en la temperatura de las aguas, del nivel del mar, etc.) e indirectamente (por ejemplo en la intensidad y frecuencia de alteraciones tales como los incendios forestales). Los impactos del cambio climático van a depender de otros procesos importantes, entre los que figuran la pérdida o fragmentación del hábitat (o su unificación—por ejemplo, en el caso de cuerpos de agua previamente aislados en sistemas de agua dulce) y la introducción de especies no autóctonas (especialmente especies invasoras).

No se puede hacer ninguna proyección realista sobre el estado futuro de los ecosistemas de la Tierra sin tener en cuenta las pautas de uso de los suelos y de las aguas por parte del hombre—en el pasado, presente y en el futuro. Dicho uso humano pondrá en peligro algunos ecosistemas terrestres y acuáticos, mejorará la supervivencia de otros, y afectará en gran medida a la capacidad de algunos organismos para adaptarse al cambio climático mediante la migración. El impacto relativo del cambio climático y de otros factores como el uso de los suelos, las invasiones bióticas y la contaminación sobre especies en peligro probablemente variará de región en región. Por esto, en algunos ecosistemas es posible que el cambio climático tenga un menor impacto en especies amenazadas o en peligro que otros factores.

La preocupación sobre especies que pueden convertirse en raras o extintas es lógica ya que los ecosistemas y las mismas especies proporcionan bienes y servicios. La mayoría de los bienes y servicios proporcionados por especies (por ejemplo, como la polinización o el control natural de plagas) se derivan del papel que tienen dentro de un sistema determinado. Algunas especies proporcionan otros servicios valiosos, ya que contribuyen a la capacidad de recuperación y productividad de su ecosistema. El valor recreativo de las especies (para caza o contemplación de la naturaleza) es muy grande tanto en términos comerciales como en términos no comerciales. La pérdida de especies también podría tener su efecto sobre las prácticas culturales y religiosas de varias gentes de todas partes del mundo. La pérdida de las especies puede producir cambios en la estructura y función de los ecosistemas afectados, además de una pérdida de ingresos y de belleza estética. Es necesario comprender el papel que las especies, o los grupos de especies, tienen en los servicios de los ecosistemas para entender los riesgos y posibles sorpresas asociados con la pérdida de especies.

6.1. *Enfoques de simulación utilizados para la proyección de los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad que albergan*

La simulación de los cambios en biodiversidad como respuesta al cambio climático presenta algunos retos importantes. Requiere

proyecciones del cambio climático a una alta resolución temporal y espacial y, a menudo, depende del equilibrio entre variables que no están muy bien estimadas por las simulaciones climáticas (por ejemplo: la precipitación local y la demanda debido a la evaporación). También requiere un conocimiento de la forma en la que interactúan las especies y de sus efectos sobre las comunidades y ecosistemas de los que forman parte. Además de esto, el centro de atención de los resultados de estas simulaciones es, a menudo, una especie particular que puede ser rara y que muestra muchas veces un comportamiento biológico excepcional.

La mayoría de las simulaciones de cambios en el ecosistema no son muy apropiadas para estimar modificaciones en la biodiversidad a escala regional. Existe una gran cantidad de documentación sobre la simulación de la respuesta de ecosistemas frente a cambios climáticos y mundiales. La mayoría de ellas simulan cambios en una zona pequeña de suelos y se utilizan para estimar modificaciones en la productividad o en el dominio de especies locales. No son necesariamente muy apropiadas para la evaluación de cambios en la biodiversidad en el ámbito regional. Otro tipo de simulación se ocupa de los cambios a largo plazo inducidos por el cambio climático en vegetación y en la distribución de fauna a escala regional o mundial. Estas simulaciones se ocupan normalmente

Recuadro 3. Enfoques de simulación utilizadas para la proyección de los impactos

[GTII TIE Secciones 5.2 y 5.4, y GTII TIE Recuadro 5-2]

Muchos resultados de simulaciones a escalas regional y mundial presentados en los informes del IPCC y, por consiguiente, en este Documento Técnico, se han obtenido en base a dos suposiciones conceptualmente diferentes sobre la forma en la que los ecosistemas (y, por lo tanto, los biomas) responden al cambio mundial. El enfoque ‘movimiento de ecosistemas’ supone que los ecosistemas migren relativamente intactos a nuevos emplazamientos que tengan un clima y entorno parecidos, lo que constituye una simplificación excesiva de lo que ocurrirá en la realidad. Nuestros conocimientos ecológicos más básicos sugieren que este paradigma del ‘movimiento de ecosistemas’ es muy improbable que ocurra en realidad debido a diferencias en la tolerancia climática de las distintas especies dentro del ecosistema, la variabilidad genética dentro de muchas de ellas, sus diferentes longevidades, sus distintas capacidades migratorias, y los impactos de especies invasoras. Se trata de un paradigma de trabajo idealizado que tiene como ventaja en empleo de la relación bien demostrada entre el emplazamiento de un ecosistema y el clima existente, para estimar la nueva distribución del ecosistema en escenarios con climas cambiados. Así y todo, las simulaciones de este tipo son útiles para estudiar escenarios del cambio climático y sus efectos potencialmente importantes.

El segundo enfoque, conocida como ‘modificación de ecosistemas’, asume que a medida que el clima y otros factores ambientales cambien, se produzcan cambios *in situ* en la composición y dominio de las especies. La población de algunas de estas especies disminuirá o se extinguirá localmente, mientras que la de otras aumentará. La longevidad de los individuos, la estructura de la edad de las poblaciones existentes, y la llegada de especies invasoras moderarán estos cambios. El resultado será ecosistemas de tipos bastante diferentes de los que vemos hoy en día. Los datos paleoecológicos indican que en el pasado existieron unos tipos de ecosistemas muy parecidos a los que existen ahora, pero también se vieron combinaciones de especies dominantes no observadas hoy.

El problema con este enfoque de ‘modificación de ecosistemas’ es que es muy difícil de utilizar para algún el pronóstico práctico sobre posibles cambios, debido a la falta de información detallada sobre la distribución actual de cada una de las especies y a nuestro inadecuado conocimiento de sus interacciones. Por lo tanto, la mayoría de los estudios regionales y mundiales que intentan evaluar los impactos potenciales del cambio climático han tenido que utilizar el enfoque ‘movimiento de ecosistemas’. También tienen limitaciones a la hora de estimar los cambios en la distribución de las vegetaciones, ya que incluyen la suposición implícita, y a menudo inválida, de que las poblaciones de animales sigan los componentes de la vegetación de un ecosistema. Sin embargo, los estudios experimentales y de observación han mostrado muchas situaciones en las que los animales responden al cambio climático mucho antes de que tenga lugar ningún cambio importante en la vegetación.

de ecosistemas o bioma—es decir, el grupo de ecosistemas dentro de una zona climática determinada que tienen una estructura similar pero distintas especies (por ejemplo, el ‘bioma de los bosques templados’). De nuevo, no son muy apropiadas para la proyección de cambios en la biodiversidad, ya que normalmente presumen que los ecosistemas o los biomas simplemente van a desplazarse sin ningún cambio en su composición, función y estructura actuales (ver Recuadro 3). Existe una escasa pero creciente cantidad de documentos sobre la simulación de cambios en la biodiversidad *per se* a escala regional y mundial. [GTII TIE Sección 5.2]

Las simulaciones necesitan ocuparse de las interacciones espaciales entre ecosistemas dentro de paisajes naturales para capturar las respuestas de los ecosistemas frente a las presiones, incluyendo las producidas por el cambio climático (ver Recuadro 3). La mayoría de las simulaciones de vegetación todavía se ocupan de las parcelas de vegetación como si constituyesen una matriz de unidades diferenciadas con muy poca interacción entre cada una de ellas. Sin embargo, los estudios basados en simulaciones han demostrado que pueden ocurrir importantes errores en la predicción de cambios en la vegetación si las interacciones espaciales de los elementos del paisaje natural no se tratan de forma adecuada. Por ejemplo, la ruta y extensión de los incendios se encuentran parcialmente determinadas por las rutas de incendios anteriores y el consiguiente crecimiento de la vegetación arrasada. No es posible en estos momentos simular el cambio mundial o regional de la vegetación a escala de paisajes naturales y, por lo tanto, el reto consiste en buscar reglas a la hora de encontrar la incorporación de los paisajes naturales en simulaciones de una resolución mucho menos detallada. [GTII TIE Sección 5.2.4.1]

Otro desafío es el desarrollo de simulaciones realistas que expliquen la migración de animales y plantas. Las simulaciones paleoecológicas y los datos observados sugieren que la dispersión puede que no sea un problema de importancia para muchas especies que tienen que adaptarse al cambio climático, siempre que la matriz del hábitat apropiados no se encuentre demasiado fragmentada. Sin embargo, en los hábitats fragmentados por actividades humanas que se encuentran en muchas partes de la Tierra, tan sólo una parte del conjunto de especies gozará de la oportunidad de migrar. [GTII TIE Sección 5.2]

6.2. Impactos estimados sobre la biodiversidad en sistemas terrestres y de agua dulce

Esta sección evalúa los impactos del cambio climático en el ámbito de los organismos individuales, poblaciones y especies. Luego considera los impactos sobre los ecosistemas en lo que se refiere a su estructura y función, sobre todo en los ecosistemas intensamente gestionados y en los paisajes naturales.

En general, se predice que la biodiversidad disminuirá en el futuro debido a presiones múltiples, sobre todo a un aumento en la intensidad del uso de los suelos y la destrucción asociada de hábitats naturales o seminaturales. Las presiones múltiples sobre la biodiversidad van a ocurrir independientemente del

cambio climático, por lo que una de las principales preguntas podría ser si el cambio climático va a aumentar o inhibir estas pérdidas de biodiversidad.

6.2.1. Impactos estimados sobre individuos, poblaciones, especies y ecosistemas

Esta sección presenta algunos ejemplos sobre cómo los individuos, las poblaciones y las especies se pueden ver afectados por el cambio climático y por algunas presiones provenientes de actividades humanas. Los cambios en el comportamiento de especies, la reducción del número de miembros de una especie y la pérdida de especies pueden producir cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas afectados. Estos cambios pueden, a su vez, producir pérdidas en otras especies, y un efecto en cascada sobre la biodiversidad y la apertura del sistema a invasiones de especies no autóctonas y por ende una mayor alteración. Por eso, los impactos del cambio climático, y sus efectos sobre la biodiversidad, pueden ser también evaluados en el ámbito de ecosistemas y dentro del contexto de determinados ecosistemas y su distribución dentro de paisajes naturales. También deben evaluarse dentro del marco de los regímenes cambiantes de alteraciones, variabilidad climática y fenómenos extremos.

Independientemente del cambio climático, se espera que la biodiversidad disminuya en el futuro debido a presiones múltiples, en particular al aumento del uso intenso de los suelos y la destrucción asociada de hábitats naturales o seminaturales. Las presiones más importantes sobre el hábitat son la degradación, la pérdida y la fragmentación (e incluso la unificación de hábitats, especialmente en el caso de masas de agua dulce), la introducción de especies invasoras, y los efectos directos de tratamientos químicos y mecánicos sobre la reproducción, dominio y supervivencia. Los aumentos en la deposición de nitrógeno y la concentración atmosférica de CO₂ van a favorecer a grupos de especies que comparten ciertos rasgos fisiológicos o históricos con varias especies de plantas invasoras, lo que les permitirá sacar provecho de los cambios mundiales. La duplicación de la entrada de nitrógeno en el ciclo terrestre debido a actividades humanas puede que acelere las pérdidas de diversidad biológica. El impacto producido por la deposición de nitrógeno sobre las especies de plantas puede ser mayor en ecosistemas con escasos nutrientes, en donde las plantas autóctonas adaptadas a estos tipos de suelos podrían no poder competir con especies invasoras de más rápido crecimiento una vez que las cantidades de dichos nutrientes ya no se encuentren limitadas. En algunos casos, puede que aumente la biodiversidad local, normalmente como resultado de la introducción de especies, y es difícil predecir las consecuencias de este hecho a largo plazo. También es posible que el uso más intensivo de los suelos en un lugar reduzca la demanda del uso intensivo o del cambio en el uso de los suelos en otro, reduciendo de esta forma la pérdida de biodiversidad en éste (ver Sección 7). [GTII TIE Secciones 5.2.3 y 5.7]

Existen pocas pruebas que sugieran que el cambio climático retrase la pérdida de especies, pero hay pruebas que muestran un aumento en la pérdida de especies. Los datos paleoecológicos

sugieren que en el ámbito mundial la biota debería producir una media de tres nuevas especies al año (una cantidad muy por debajo del nivel actual de extinción estimado) pero hay grandes variaciones alrededor de esta media entre diferentes eras geológicas. Las rachas de desarrollo y extinción de especies parecen estar a veces asociadas, a largo plazo, con cambios en el clima, aunque las oscilaciones moderadas en el clima no favorecen necesariamente el desarrollo de especies, a pesar de forzar cambios en su emplazamiento geográfico. Muchas de las especies de nuestro planeta ya se encuentran en riesgo de extinción debido a presiones que surgen de procesos naturales y de actividades humanas. El cambio climático se va a añadir a estas presiones, especialmente en el caso de aquellos especies que necesitan una gama climática limitada y/o un hábitat bastante restringido. [GTII TIE Secciones 5.2.3 y 5.4.1]

Se espera que ocurran cambios en la fenología de muchas especies. Ya se han observado cambios en la fenología de muchas especies—en la fecha de aparición de brotes, salidas de cascarones, migración, etc. (ver Sección 5.1). Estos cambios se encuentran normalmente estrechamente vinculados a sencillas variables climáticas, tales como las temperaturas máximas o mínimas o el número de días en que se registra cierta temperatura; resulta posible estimar aproximadamente la dirección y el arraigo del cambio. Se espera que continúen las tendencias observadas, entre ellas la aparición temprana de brotes en plantas o la floración anticipada. Sin embargo, existen situaciones en donde los factores que controlan los cambios fisiológicos pueden funcionar de manera poco coordinada (por ejemplo, una planta responde a señales de temperatura y a la longitud del día) o puede que la respuesta fenológica de una especie no coincida con la de otra de que se alimente o que la consuma, lo que produce una desigualdad en el tiempo de etapas críticas de la vida o de comportamientos. En semejantes casos los resultados son más difíciles de predecir. [GTII TIE Secciones 5.4.3.1 y 5.5.3.2, y GTII TIE Tabla 5–3]

El impacto general del cambio climático es que los hábitats de muchas especies se van a desplazar hacia el polo o hacia altitudes más altas. Ya se han observado desplazamientos asociados con el clima en la ubicación y la densidad de animales en muchas partes del mundo y dentro de cada uno de los principales grupos taxonómicos de animales (ver Sección 5.1). Se espera que los cambios más rápidos ocurran cuando se vean acelerados por cambios en las pautas naturales y antropogénicas de alteraciones. [GTII TIE Secciones 13.2.2.1 y 16.2.7.2]

Es muy improbable que las especies que forman una comunidad se desplacen todas juntas. Es más probable que respondan al cambio climático y a los regímenes de alteraciones de forma individual, con importantes diferencias temporales y periodos de reorganización, lo que puede alterar los ecosistemas establecidos y crear nuevos grupos de especies que pueden ser menos diversas e incluir más especies tipo ‘maleza’ (es decir, aquellas que son más móviles y pueden establecerse con mayor rapidez). [GTII TIE Secciones 5.2, 10.2.3.1, y 19.1]

Los ecosistemas dominados por especies de larga vida (por ejemplo, los árboles longevos) frecuentemente tardarán mucho

en responder al cambio y en recuperarse tras el estrés asociado con el clima. Aun sin aumentar la tasa de mortalidad entre individuos maduros, los cambios en el clima afectarán a menudo a etapas vulnerables de la vida, tales como el establecimiento de la germinación. En sistemas de este tipo, los cambios ocurrirán muchos años o décadas por detrás del cambio climático, pero se pueden ver acelerados por trastornos que produzcan mortalidad. De forma parecida, la migración hacia nuevos hábitats puede efectuarse décadas por detrás del cambio climático, porque la dispersión desde los hábitats existentes a nuevas zonas puede ser un proceso lento, y a menudo los nuevos hábitats habrán sido ocupados ya por especies tipo ‘maleza’ capaces de dispersarse y establecerse con una mayor rapidez. Cuando los problemas relacionados con el clima, entre los que figuran las plagas y enfermedades, causan un aumento de la mortalidad de especies longevas, la recuperación a un estado parecido al que tenían previamente puede tardar décadas o siglos, si es que jamás se efectúa. [SI P5.8 y GTII TIE Secciones 5.2.2 y 5.6.2]

Los ecosistemas boscosos van a verse afectados por el cambio climático tanto de forma directa como mediante interacciones con otros factores tales como el cambio en el uso de los suelos. Las simulaciones de ecosistemas y clima sugieren que las zonas climáticas apropiadas para especies de plantas templadas y boreales se pueden desplazar unos 200–1.200 Km. hacia el norte para el año 2100 (ya que se estima que la mayoría de las masas terrestres de latitudes media a alta se calienten en unos 2–8°C). Las pruebas paleoecológicas sugieren que, en el pasado, la mayoría de las especies de plantas migraron sólo unos 20–200 Km. por siglo, aunque dicha migración puede haberse limitado por el régimen del cambio climático en esa época. Para muchas especies de plantas, la migración se puede haberse retrasado aún más debido a la fragmentación de hábitats apropiados por actividades humanas. Por esto, el desplazamiento de la cubierta de bosques hacia los polos se puede encontrar décadas o siglos por detrás de los cambios en las temperaturas, tal y como ocurrió en la migración de diferentes especies de árboles después de la última glaciación. También se pone en duda si el desarrollo de la estructura del suelo puede seguir el ritmo del cambio en el clima. Un aumento en la frecuencia e intensidad de incendios y en los cambios provocados por la fusión del permafrost también va a afectar al funcionamiento de los ecosistemas. Es probable que cambie la composición de las especies en los bosques y que los nuevos grupos de especies que sustituyan a los actuales contengan menos diversidad. [SI P3.7 y P3.12, SI Figuras 3–1 a 3–3, GTII TIE Secciones 5.2, 5.6, 13.2.2.1, 15.2, y 16.2.7, y GTII SIE Sección 1.3]

La mayoría de la biota de los suelos son tolerantes a temperaturas más altas, por lo que es muy improbable que se vean afectados adversamente por simples cambios en la temperatura, aunque existen algunas pruebas que sugieren que habrá cambios en el equilibrio entre tipos funcionales de suelos. Pero los organismos que se desarrollan en los suelos se verán afectados por el aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂ y por cambios en la humedad de los suelos, cuando éstos produzcan cambios en las aportaciones orgánicas (por ejemplo, el abono verde derivado de hojas) y en la distribución

de raíces finas en suelos. La distribución de especies individuales de biota en los suelos se puede ver afectada por el cambio climático cuando las especies se asocian con una vegetación específica y no son capaces de adaptarse al régimen del cambio en la cubierta terrestre. [GTII TIE Sección 13.2.1.2]

Los impactos de cambios ocasionados por la temperatura sobre lagos y corrientes serían menos marcados en los trópicos, moderados en latitudes medias, y grandes en latitudes altas en donde se esperan los mayores cambios de temperatura.

Las temperaturas extremas del agua pueden matar organismos, mientras que las variaciones más moderadas en la temperatura del agua controlan los procesos biológicos (índices fisiológicos y conducta), e influyen en la preferencia del hábitat. Las temperaturas óptimas para muchos taxones de agua fría de latitudes medias y altas son menores de 20°C; las temperaturas durante el verano podrían sobrepasar el nivel de tolerancia para algunas especies en el futuro. Sin embargo, diferentes especies tienen diferentes niveles de tolerancia para temperatura y, por lo tanto, cambios de temperatura pueden provocar modificaciones en la composición de las especies que, a su vez, pueden afectar a la productividad general de ecosistemas individuales de agua dulce y su utilidad a los seres humanos. El efecto del calentamiento sobre corrientes y ecosistemas de ríos va a ser mayor en las regiones húmedas, en donde los flujos de las corrientes son menos variables y las interacciones biológicas controlan la cantidad de organismos existentes (por ejemplo, en pequeñas corrientes en donde grandes descargas de aguas subterráneas mantienen unas temperaturas máximas relativamente bajas durante el verano). La extinción de especies ocurrirá en las latitudes más bajas de las zonas ocupadas por dichas especies si las temperaturas en verano aumentan en las corrientes y en lagos y estanques no estratificados y poco profundos, en donde no se encuentran disponibles refugios de agua más fría. Por ejemplo, en el sur de las Grandes Llanuras en Estados Unidos, las temperaturas del agua durante el verano (38–40°C) se aproximan a los límites mortales para muchas especies autóctonas de peces de corrientes. Con el calentamiento climático estimado, es probable que los hábitats pesqueros de las corrientes disminuyan en gran medida en todas partes de Estados Unidos para las especies de aguas frías. Algunas especies tropicales de zooplankton tienen umbrales de temperaturas para la reproducción cercanos a las temperaturas actuales y, por lo tanto, es probable que sus distribuciones se vean afectadas. Los experimentos que se han llevado a cabo muestran que un aumento de la temperatura de las corrientes durante el otoño, desde la temperatura ambiente (unos 10°C) a unos 16°C, son letales para un 99 por ciento de las lardas de la mosca de las Carolinas (*Soyedina carolinensis*). Un aumento de los niveles de respiración microbial con temperaturas más altas sugiere que los recursos alimenticios para invertebrados que se alimentan de detritus disponibles de forma estacional provenientes de la vegetación terrestre podrían aumentar a corto plazo gracias a un aumento de éstos en las corrientes. Sin embargo, unos mayores niveles de respiración microbial aumentarían la descomposición de materia orgánica y reducirían el periodo en el que el detritus se encuentra disponible para los invertebrados. Además, los cambios relacionados con el clima en el nivel del agua en los lagos tendrán importantes

impactos sobre grupos bióticos cerca de las orillas. Con la disminución de los niveles del agua, los lagos se encontrarán más lejos de sus humedales fronterizos, lo que puede tener un impacto sobre algunas especies. Por ejemplo, el lucio del norte, que desova en praderas de juncias inundadas a principios de primavera, y cuyos peces pequeños siguen allí unos 20 días después de salir del huevo, se podría ver especialmente perjudicado por los bajos niveles de las aguas en primavera. [GTII SIE Secciones 10.6.1, 10.6.2.2, y 10.6.3.1–2]

Una subida de temperaturas modificará los ciclos térmicos de los lagos y la solubilidad del oxígeno y de otros materiales y, por lo tanto, afectará a la estructura y función del ecosistema.

La reducción en la concentración de oxígeno podría producir una alteración en la estructura de la comunidad, normalmente caracterizada por una disminución del número de especies, especialmente si dicha reducción se ve impulsada por la eutrofización relacionada con prácticas en el uso de los suelos. Es más probable que las extinciones locales ocurran en los lagos cuando las temperaturas calurosas de verano y la anoxia erosionen los refugios profundos de agua fría en los que determinadas especies buscan la protección contra depredadores y el estrés térmico. En los lagos de altitudes altas, la subida de las temperaturas también podría dar como resultado una pérdida de la cubierta de hielo invernal, ya que la duración de la cubierta de hielo y el rompimiento del hielo son factores determinantes en la composición de las especies, sobre todo en lo que se refiere a las diatomeas. Las más altas temperaturas de las capas de aguas poco profundas podrían disminuir la calidad nutritiva del fitoplancton comestible o desplazar la composición de las especies de la comunidad de fitoplancton, reduciendo así los taxones de diatomeas más nutritivos e incrementando las cianobacterias y las algas verdes que son menos nutritivas. [GTII TIE Secciones 13.2.2.3 y 13.2.3.2, y GTII SIE Sección 10.6.1]

El cambio climático tendrá un gran efecto sobre los ecosistemas de agua dulce gracias a modificaciones en los procesos hidrológicos.

Se estima que los efectos combinados del cambio climático (por ejemplo, en la temperatura y las precipitaciones) y los cambios en las cuencas hidrológicas y en las costas ribereñas debido a actividades humanas afecten a los procesos hidrológicos de muchos ecosistemas de agua dulce. Los mayores impactos de los cambios en los procesos hidrológicos sobre la productividad en corrientes y ríos serán el resultado de la reducción de flujos de corrientes estimada para algunas latitudes medias, de cambios en la cantidad y forma de las precipitaciones invernales, y de la época en la que se derrite la nieve, y de aumentos en la magnitud o frecuencia de los fenómenos extremos (inundaciones y sequías). La reducción de los flujos de las corrientes (debido a unas menores precipitaciones y/o un aumento de la evapotranspiración) podría aumentar la probabilidad de un flujo intermitente en corrientes pequeñas. El secado de los cauces de las corrientes durante periodos de tiempo prolongados puede reducir la productividad de los ecosistemas ya que se restringe el hábitat acuático, se empeora la calidad del agua (aumenta la falta de oxígeno), y la intensa competencia y depredación reduce la biomasa total. La recuperación de los invertebrados con la reaparición de las

corrientes puede ser un proceso lento. El potencial para tener un flujo intermitente puede ser especialmente grande cuando el componente de agua subterránea en el flujo de los ríos sea bajo y en disminución. El cambio climático tendrá su impacto más pronunciado sobre los humedales mediante las alteraciones en regímenes hidrológicos, sobre todo en la naturaleza y variabilidad de las estaciones húmedas y secas, y la frecuencia y gravedad de fenómenos extremos. [GTII TIE Secciones 4.4, 5.7, y 5.8.2, y GTII SIE Sección 10.6.2.1]

Cambios en la frecuencia, intensidad, extensión, y emplazamiento de las alteraciones afectarán a la forma en la que los ecosistemas se reorganizan y el régimen a la que son sustituidos por nuevos grupos de plantas y animales. Las alteraciones pueden aumentar el régimen de pérdida de especies y crear oportunidades para el establecimiento de nuevas especies [SI P4.18 y GTII TIE Sección 5.2], por ejemplo:

- ***Cambios en las alteraciones de regímenes asociados con el cambio climático incluyen modificaciones en la frecuencia, intensidad y emplazamiento de alteraciones tales como los incendios y los brotes de plagas.*** Se espera que aumente la frecuencia de los incendios en la mayoría de las regiones debido a las más altas temperaturas en verano y, posiblemente, un aumento del crecimiento de combustibles finos inflamables (por ejemplo, pequeños arbustos y pastos). En algunas regiones, el aumento de la precipitación puede contrarrestar semejantes efectos y la frecuencia e intensidad de las alteraciones pueden permanecer sin cambios o incluso disminuir. Las poblaciones de muchas especies de plagas se ven limitadas por bajas temperaturas durante parte de su ciclo vital, y se espera que el calentamiento climático produzca más plagas en algunas regiones. [GTII TIE Secciones 5.3.3.2, 5.5.3, y 5.6.3, y GTII SIE Sección 13.4]
- ***El efecto de las interacciones entre cambio climático y cambios en el régimen de alteraciones y sus impactos sobre las interacciones bióticas pueden producir cambios rápidos en la composición y estructura de la vegetación. Sin embargo, es difícil de estimar el aspecto cuantitativo de dichos cambios debido a la complejidad de las interacciones.*** El gusano *Choristoneura fumiferana* en los bosques boreales proporciona un ejemplo de la complejidad de las interacciones entre alteraciones, plagas, y cambio climático. Los brotes de estos gusanos siguen con frecuencia las sequías y/o los veranos secos, lo que produce un aumento en los problemas de los árboles que los albergan e incrementa el número de huevos que dejan los gusanos. Las sequías y las temperaturas más cálidas afectan a la fenología del gusano, cambiando su interacción con las heladas, el árbol que los alberga, sus parásitos, y los pájaros que se alimentan de los gusanos. El límite septentrional de la zona ocupada por el gusano *Choristoneura fumiferana* puede que se desplace hacia el norte con la subida de las temperaturas y, si ocurre también un aumento en la frecuencia de la sequía, este desplazamiento podría producir brotes más frecuentes y más graves que pudieran a su vez causar importantes

cambios ecológicos. En la frontera meridional de la zona que ocupan estos gusanos, muchos de los silvídidos que se alimentan de ellos se podrían desplazar hacia el polo, y es posible que desaparezcan por completo de las latitudes por debajo de 50°N. Si se sustituyen los mecanismos de control biológico por mecanismos de control químicos (por ejemplo, las pesticidas), esto podría crear un conjunto diferente de problemas, ya que existen temas económicos y sociales relacionados con la aplicación de pesticidas a gran escala. Otro ejemplo de interacciones entre cambios climáticos y regímenes de alteraciones es la anormal llegada anticipada o tardía de las lluvias en zonas muy estacionales tales como los trópicos húmedos-secos. Por ejemplo, las áreas boscosas de Miombo, en el sur de África central, son muy sensibles a la llegada de las lluvias durante la primavera y podrían padecer grandes cambios en el dominio de plantas y, en consecuencia, en las poblaciones animales si se alteran las pautas de lluvias y se modifican los regímenes de incendios y las presiones sobre zonas de pastoreo. Nuestra capacidad para predecir los cambios que surjan de semejantes procesos depende tanto de escenarios climáticos de alta resolución que incluyan variables de importancia (por ejemplo, la cantidad e intensidad de lluvias específicas), como de simulaciones de las posibles respuestas biológicas. [GTII TIE Secciones 5.5, 5.6.2–3, y 10.2.3]

- ***Los cambios en los regímenes de alteraciones pueden interactuar con el cambio climático para afectar a la biodiversidad—por ejemplo, mediante ‘conmutaciones’ rápidas y discontinuas del ecosistema.*** Los cambios en los regímenes de pastoreo e incendios relacionados con las prácticas para el manejo de los suelos durante el siglo pasado parecen haber incrementado la densidad de plantas madereras en importantes áreas de Australia y del África del Sur. Los cambios del ecosistema a gran escala (por ejemplo, de sabana a praderas, de bosques a sabana, de terrenos de arbustos a praderas) han ocurrido claramente durante el pasado (por ejemplo durante los cambios climáticos asociados con periodos glaciales e interglaciales en África), pero las pérdidas en diversidad se atenuaron ya que las especies y los ecosistemas tuvieron tiempo para desplazarse geográficamente. Es probable que los cambios en los regímenes de alteraciones y en el clima en las próximas décadas produzcan semejantes efectos de umbral en algunas zonas. [GTII TIE Secciones 5.4–5, 10.2.3, 11.2.1, 12.4.3, y 14.2.1]

Los datos y las simulaciones que se necesitan para estimar el alcance y la naturaleza de los cambios futuros en el ecosistema y en la distribución geográfica de las especies son incompletos, lo que significa que estos efectos sólo se pueden cuantificar parcialmente. La respuesta integrada de los ecosistemas a los cambios atmosféricos—por ejemplo el incremento del CO₂—es incierto, aunque una serie de estudios llevados a cabo en sistemas de praderas y bosques experimentales se han ocupado de las respuestas de especies particulares a cantidades elevadas de CO₂. Por ejemplo, una cantidad creciente de CO₂ en la

atmósfera puede mejorar en gran medida la eficiencia en el uso del agua por ciertos tipos de pastos, lo que puede hacer aumentar la potencia combustible de la hierba e incluso aumentar el suministro de agua a árboles de raíces profundas. Análisis recientes sobre las interacciones entre árboles y pastos en las sabanas sugieren que un aumento del CO₂ en la atmósfera puede aumentar la densidad de los árboles, y este tipo de ‘conmutación’ del ecosistema tiene importantes implicaciones en la alimentación de animales que pastan y ramonean y en la de sus depredadores. Un aumento de la potencia combustible puede, a su vez, producir una mayor intensidad y frecuencia en los incendios, reduciendo posiblemente la supervivencia de los animales y disminuyendo el carbono almacenado. El resultado definitivo depende del equilibrio preciso entre estas presiones opuestas y es probable que varíe con la composición de las especies, el espacio físico y el tiempo a medida que cambie el equilibrio. Se espera que la fotosíntesis en plantas C₃ responda con una mayor fuerza a la mejora de CO₂ que en plantas C₄. Si este es el caso, puede producir un aumento en la distribución geográfica de plantas C₃ (muchas de las cuales son plantas madereras) a expensas de los pastos C₄. Estos procesos dependen de las características de los suelos y de factores climáticos, sobre todo la temperatura, la precipitación y el número de días con heladas. Es probable que el régimen y la duración del desplazamiento de la distribución de C₃ y C₄ se vean afectadas por actividades humanas (por ejemplo, una gran presión para el pastoreo que puede crear más emplazamientos para pastos C₄). [GTII TIE Secciones 5.5–6]

Las simulaciones de los cambios en la distribución mundial de la vegetación son, a menudo, más sensibles a muchas variables para las cuales tenemos estimaciones poco adecuadas (por ejemplo, el equilibrio del agua) y datos iniciales poco adecuados (datos de fragmentación de gran resolución). Se están desarrollando y utilizando simulaciones del cambio en la cantidad de especies importantes o ‘grupos funcionales’ de especies de un año a otro (o entre estaciones) en respuesta al resultado de simulaciones generales de circulación para la evaluación del potencial de almacenaje general de carbono de la biosfera terrestre. En este momento es aún muy pronto para fiarse de los resultados en lo que se refiere a biomas o ecosistemas específicos, pero los resultados muestran la sensibilidad de los ecosistemas al tratamiento del uso de las aguas y, especialmente, al equilibrio entre cambios en disponibilidad de agua debidos al cambio climático (a menudo se disminuye su disponibilidad con el calentamiento) y la respuesta a unas mayores concentraciones de CO₂ en la atmósfera (a menudo aumentan la eficiencia en el uso de las aguas). Esto significa que los resultados de la simulación pueden variar en gran medida según la simulación general de circulación que se emplea, ya que éstas tienden a producir una variabilidad interanual diferente en la precipitación y, por lo tanto, en la disponibilidad del agua. Otros problemas son la simulación de la pérdida de vegetación debida a alteraciones como incendios, vientos fuertes, tormentas de hielo, o plagas y la migración de las especies o grupos de especies a nuevos lugares. Otros estudios muestran la sensibilidad de las simulaciones a suposiciones sobre la dispersión y, por lo tanto, la capacidad para migrar. La modificación de la simulación

IMAGE2 para incluir una dispersión ilimitada, una dispersión limitada y ninguna dispersión tiene como resultado pautas de cambio de vegetación muy diferentes, especialmente en zonas de latitudes altas. [GTII TIE Secciones 5.2.2, 5.2.4.1, y 10.2.3.2]

6.2.2. Biodiversidad y cambios en productividad

Los cambios en la biodiversidad y cambios en el funcionamiento del ecosistema asociados a ellos pueden afectar a la productividad biológica (ver Recuadro 4). Estos cambios pueden afectar a bienes y servicios esenciales sobre los que se basan las sociedades humanas (por ejemplo, los alimentos y las fibras). También pueden afectar al secuestro total de carbono en los ecosistemas oceánicos y terrestres, lo que puede afectar al ciclo mundial de carbono y a la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

En el ámbito mundial, parece que la productividad neta de los biomas está aumentando. Los estudios de simulación, los datos de inventario, y los análisis inversos proporcionan pruebas que muestran que, durante las últimas décadas, los ecosistemas terrestres han ido acumulando carbono. Varios efectos contribuyen a esto. Las plantas están respondiendo a

Recuadro 4. Productividad y términos asociados [GTI TIE Sección 3.2.2 y GTII TIE Sección 5.2]

La productividad se puede medir de diferentes formas, entre ellas la productividad primaria neta (PPN), la productividad neta del ecosistema (PNE), y la productividad neta del bioma (PNB). Las plantas son responsables de la gran mayoría de la recogida del carbono por los ecosistemas terrestres. La mayor parte de este carbono se devuelve a la atmósfera mediante una serie de procesos que incluyen la respiración, el consumo (seguido de la respiración animal y microbial), la combustión (por ejemplo, los incendios), y la oxidación química. La productividad primaria bruta (PPB) es la recogida total de carbono a través de la fotosíntesis, mientras que la PPN es el régimen de acumulación de carbono después de tener en cuenta las pérdidas debidas a la respiración de las plantas y otros procesos metabólicos para mantener los sistemas que proporcionan vida a las plantas. El consumo de plantas por los animales, hongos y bacterias (respiración heterotrófica) devuelve carbono a la atmósfera y el régimen de acumulación de carbono a través un ecosistema completo y durante una estación completa (u otro periodo de tiempo) es la PNE. En un ecosistema determinado, la PNE es positiva en la mayoría de los años, y el carbono se acumula aunque sólo lo haga muy lentamente. Sin embargo, las principales alteraciones, tales como los incendios y los fenómenos extremos que causan la muerte de muchos componentes de la biota emiten una cantidad de carbono mayor de lo normal. La acumulación media de carbono sobre grandes zonas y/o largos periodos de tiempo es la PNB. Las respuestas para mitigación basadas en el secuestro de carbono a largo plazo se basan en un aumento de la PNB.

cambios en el uso de los suelos y en las prácticas de manejo de los suelos (por ejemplo, la reforestación y el rebrote sobre suelos abandonados), aumentando la deposición antropogénica del nitrógeno, las concentraciones atmosféricas de CO₂, y posiblemente el calentamiento climático. [GTI TIE Sección 3.2.2, GTII TIE Sección 5.6.1.1, e IEUTCS Sección 1.2.1]

Cuando tiene lugar una importante alteración en el ecosistema (por ejemplo, la pérdida de especies dominantes o la gran parte de especies y por lo tanto gran parte de la redundancia), puede haber pérdidas en la productividad neta del ecosistema durante la transición. La pérdida de biodiversidad en amplios y diferentes ecosistemas no implica necesariamente una pérdida de productividad. La distribución mundial de la biodiversidad se encuentra correlacionada con las pautas mundiales de temperaturas y precipitaciones, entre otros factores. Se espera que un rápido cambio climático altere estas pautas (normalmente con pérdida de biodiversidad) durante periodos de, al menos, décadas a siglos a medida que los ecosistemas cambien y se reformen. Es posible que los cambios en productividad sean menores que los producidos en biodiversidad. Sin embargo, no se han estimado los impactos mundiales del cambio climático sobre la biodiversidad y los consecuentes efectos sobre la productividad. Algunas teorías y estudios experimentales sugieren que existe un grado de redundancia en la mayoría de los ecosistemas, y que la contribución a la producción por parte de especies perdidas en un ecosistema se va a ver sustituidas por la de otras especies (a veces especies invasoras). [SI P3.18, GTII TIE Secciones 5.2, 5.6.3.1, 10.2.3.1, 11.3.1, y 12.5.5, y GTII SIE Sección 1.2]

No se comprende bien aún el papel de la biodiversidad en el mantenimiento de la estructura, funcionamiento y productividad de la biodiversidad, y este problema no ha sido evaluado directamente en los informes del IPCC. Sin embargo, es un área de investigación activa teórica y experimental, y se esperan rápidos avances en su conocimiento. [GTII TIE Sección 13.2.2]

6.3. Impactos estimados sobre la biodiversidad de ecosistemas costeros y marinos

Los sistemas marinos y costeros se encuentran afectados por muchas actividades humanas (entre ellas el desarrollo costero, el turismo, el desmonte de tierras, la contaminación, y la explotación en exceso de algunas especies) que han llevado en especial a la degradación de arrecifes coralinos, manglares, pastos marinos, humedales en costas y ecosistemas de playas. El cambio climático va a tener un impacto sobre las características físicas, biológicas y biogeoquímicas de los océanos y de las costas en diferentes escalas de espacio y tiempo, modificando sus estructuras y funciones ecológicas. Esto, a su vez, podría generar respuestas en el sistema climático.

6.3.1. Impactos estimados sobre los ecosistemas de las regiones costeras

Los arrecifes coralinos se van a ver perjudicados si la temperatura de la superficie del mar sube en más de 1°C por encima de la máxima estacional. Es probable que la decoloración

de los corales se generalice hacia el año 2100 (ver Sección 5.2 para impactos observados en arrecifes coralinos) ya que se espera que las temperaturas de la superficie del mar suban al menos en 1–2°C. A corto plazo, si la temperatura de la superficie del mar sube en más de 3°C y si se mantiene esta subida durante varios meses, es probable que tenga como resultado una amplia mortalidad de los corales. Además, un aumento de la concentración atmosférica de CO₂ y, por lo tanto, del CO₂ oceánico, va a afectar a la capacidad de las plantas de corales y de los animales para hacer esqueletos calizos (calcificación de los corales); una duplicación de las concentraciones atmosféricas de CO₂ podría reducir la calcificación de los corales y reducir la capacidad de los corales para crecer de forma vertical y seguir el ritmo de la elevación del nivel del mar. El impacto general de la subida de la temperatura de la superficie del mar y las elevadas concentraciones de CO₂ podría producir una reducción de la diversidad de las especies en los arrecifes coralinos con plagas y enfermedades más frecuentes en los sistemas de los arrecifes. Se estima que los impactos de la reducción de productividad de los ecosistemas coralinos sobre pájaros y mamíferos marinos sean muy importantes. [GTII TIE Secciones 6.4.5 y 17.2.4]

La elevación del nivel del mar junto con cambios en otros factores climáticos puede afectar a una serie de humedales de agua dulce en regiones bajas. Por ejemplo, en regiones tropicales, las llanuras inundables y los pantanos asociados con ellas se podrían ver desplazadas por hábitats de agua salada debido a los efectos combinados de la elevación del nivel del mar, unas lluvias monzónicas más intensas, mayores mareas y/o por fuertes tormentas repentinas. La intrusión de agua salada en acuíferos de agua dulce también representa un gran problema potencial. [GTII TIE Secciones 6.4 y 17.4]

Se espera que las playas y barreras que actualmente se erosionan sufran aún más erosión a medida que cambie el clima y se eleve el nivel del mar. La erosión costera, que es ya un problema en muchas costas por razones que no tienen nada que ver con la elevación acelerada del nivel del mar, es probable que se vea impulsada aún más por ésta y que la biodiversidad costera se vea afectada de forma adversa. Se espera que una elevación de 1 metro en el nivel del mar sea la causa de la pérdida de un 14 por ciento (1.030 ha) de la masa terrestre de la isla de Tongatapu, Tonga, y un 80 por ciento (60 ha) de la del atolón Majuro, en las islas Marshall, con cambios consecuentes en la biodiversidad de dichas islas. Se espera que unos procesos similares afecten a las especies endémicas de plantas en Cuba, a especies de pájaros en peligro que se reproducen en Hawai y otras islas, así como la pérdida de importantes polinizadores, tales como los paniques de Samoa (*Pteropus* sp.). [GTII TIE Secciones 6.4.2, 14.2.1.5, y 17.2.3]

Cerca del 20 por ciento de los humedales costeros del planeta se podrían perder hacia el año 2080 debido a la elevación del nivel del mar, aunque se estiman importantes variaciones regionales. Dichas pérdidas podrían reforzar otras tendencias adversas en la pérdida de humedales, la mayoría de las que son el resultado de otras actividades humanas. [GTII TIE Sección 6.4.4]

El impacto de la elevación del nivel del mar sobre ecosistemas costeros (manglares, pastizales marinos y marismas) va a variar entre regiones y dependerá de los procesos de erosión provenientes del mar y de los de sedimentación provenientes de los suelos. Entre dichos procesos se incluyen:

- ***La capacidad de los manglares para adaptarse a la elevación del nivel del mar va a variar según las regiones.*** Los manglares ocupan una zona de transición entre el mar y la tierra firme, que se establece gracias al equilibrio entre los procesos de erosión causada por los mares y los procesos de encenagamiento que ocurren en la tierra. El impacto del cambio climático sobre los manglares dependerá del equilibrio entre estos procesos la elevación del nivel del mar. Por ejemplo, los manglares en las regiones costeras de islas bajas en donde las cargas de sedimentación son altas y los procesos de erosión son bajos, pueden responder de mejor manera a la elevación del nivel del mar porque los sedimentos depositados van a crear un nuevo hábitat para la colonización por manglares. En algunos casos, cuando los manglares no pueden migrar tierra adentro en respuesta a la elevación del nivel del mar, puede haber un colapso del sistema (por ejemplo, en el humedal de Port Royal en Jamaica). [GTII TIE RRP y GTII TIE Secciones 6.4.4, 14.2.3, 14.3, y 17.2.4]
- ***En algunas zonas, el régimen actual de la elevación de las marismas es insuficiente para contrarrestar el nivel relativo de elevación del mar.*** La respuesta de las marismas afectadas por mareas a la elevación del nivel del mar se ve afectada por la aportación de sedimentos y por el entorno de la playa alta. En general, el acrecentamiento de las marismas sigue la elevación del nivel del mar y las fluctuaciones en la tasa de esta elevación, pero el nivel máximo sostenible de acrecentamiento es variable. En áreas donde el suministro de sedimentos es bajo o el entorno de la playa alta contiene una estructura fija, la erosión de la parte frontal de la marisma puede ocurrir junto con la elevación del nivel del mar, lo que causaría una pérdida importante de humedales costeros. [GTII TIE Sección 6.4.4]
- ***La capacidad de las barreras y bordes coralinos para reducir los impactos de las tormentas y suministrar sedimentos se puede ver afectada adversamente por la elevación del nivel del mar.*** Las barreras y bordes coralinos realizan la función importante de reducir los impactos de las tormentas sobre las costas y suministrar sedimentos a las playas. Si se reducen estos servicios, la parte que da hacia la tierra de los ecosistemas de las playas bajas se expondría aún más y, por lo tanto, sería más vulnerable a los cambios. Su deterioro o pérdida podría tener impactos económicos importantes. [GTII TIE Secciones 6.4.1–2]
- ***La disponibilidad del suministro de sedimentos, junto con aumentos en la temperatura y en la profundidad del agua como consecuencia de la elevación del nivel del mar, van a tener un impacto adverso sobre la productividad y las funciones fisiológicas de los pastizales marinos.*** Se espera que este proceso tenga un efecto negativo

sobre las poblaciones de peces que dependen de los mantos de pastizales marinos. Además, podría poner en peligro la base económica de muchas islas pequeñas que a menudo dependen de entornos costeros ‘estables’ para su propio sostenimiento económico. [GTII TIE Secciones 6.4.4 y 17.4.2.3, e IRCC Sección 9.3.1.3]

- ***Los deltas que se están deteriorando (como consecuencia de un bajo suministro de sedimentos, de hundimientos y de otros problemas) van a ser especialmente vulnerables a una inundación acelerada, a la retirada de la línea costera y al deterioro de los humedales.*** Los deltas son especialmente susceptibles a la elevación del nivel del mar, lo que va a hacer aumentar los efectos negativos de la reducción de el régimen en el suministro de sedimentos por causas antropogénicas, tal y como ocurre en los deltas del Ródano, Ebro, Indo, y Nilo. La extracción de aguas subterráneas puede tener como resultado un hundimiento de los suelos y una elevación relativa en el nivel del mar que aumentaría la vulnerabilidad de los deltas, tal y como se espera que ocurra en Tailandia y China. Cuando los niveles locales de hundimiento y de la elevación relativa del nivel del mar no se vean compensados por la acumulación de sedimentos, van a dominar las inundaciones y los procesos marinos, produciendo una importante pérdida de tierras en la parte baja del delta debido a la erosión causada por las olas. Por ejemplo, con la elevación estimada del nivel del mar, grandes partes de los deltas del Amazonas, del Orinoco, y del Paraná/Plata se verán afectadas. Si los niveles de incremento vertical que son consecuencia de la aportación de sedimentos y de la producción de material orgánica *in situ* no siguen el ritmo de la elevación del nivel del mar, las inundaciones de los humedales van a producir la muerte de la vegetación incipiente, una pérdida rápida de elevación debida a la descomposición de las raíces por debajo del suelo, y finalmente el hundimiento y erosión del sustrato. [GTII TIE Secciones 6.4.1–3]

6.3.2. Impactos estimados sobre los ecosistemas marinos

La distribución media del plancton y la productividad marina en los océanos en muchas regiones podría cambiar durante el siglo XXI con los cambios estimados en la temperatura de la superficie del mar, el régimen del viento, el suministro de nutrientes y la luz solar. El aumento de concentraciones atmosféricas de CO₂ podría disminuir el pH del agua de los mares. El suministro de nutrientes en la superficie se podría reducir si la estratificación del océano reduce el suministro de los principales nutrientes que llegan a la superficie desde el fondo del océano. En regiones limitadas por el suministro de nutrientes provenientes del fondo de los océanos, la estratificación reduciría la productividad marina y, por lo tanto, la fuerza de la exportación de carbono por los procesos biológicos; y en las regiones en donde la luz constituye una limitación, la estratificación podría aumentar la exposición a la luz de los organismos marinos y, por lo tanto, aumentar la productividad. [GTII TIE Secciones 3.2 y 5.5.2.1]

El cambio climático va a tener efectos positivos y negativos sobre la cantidad y distribución de la biota marina. Los impactos de la pesca y el cambio climático van a afectar a la dinámica de los peces y moluscos. Los impactos del cambio climático sobre el sistema oceánico incluyen variaciones en la distribución geográfica de la biota marina y cambios en la composición de la biodiversidad producidos por las temperaturas de la superficie del mar, sobre todo en latitudes altas. El nivel del impacto es probable que varíe dentro de una amplia gama, dependiendo de las especies y las características de la comunidad, así como de las condiciones específicas de la región. No se sabe cómo los cambios climáticos estimados van a afectar al tamaño y emplazamiento de las zonas calientes del Pacífico central y occidental pero si ocurren más condiciones parecidas a las de El Niño, puede que el desplazamiento de los atunes hacia el este se convierta en un fenómeno más persistente. El calentamiento del norte del Océano Pacífico va a comprimir las distribuciones del salmón del Pacífico *Oncorhynchus nerka*, echándoles poco a poco del norte del Pacífico y ciñéndoles dentro del Mar de Bering. Existen vínculos claros entre la intensidad y emplazamiento del sistema de Bajas Presiones Aleutianas en el Océano Pacífico y las tendencias en la producción de muchas de las especies pesqueras comerciales de importancia. [GTII TIE Sección 6.3.4]

El cambio climático podría afectar a las cadenas de alimentos, especialmente aquellas que incluyen mamíferos marinos. Por ejemplo, la ampliación de las estaciones sin hielo en el Ártico podría prolongar el ayuno de los osos polares, y afectar a su estado de nutrición, así como tendrán un impacto sobre la reproducción y el número de focas en la región. La reducción de la cubierta de hielo y del acceso a las focas podría limitar el éxito de las capturas por parte de osos polares y zorros, con la consiguiente reducción de las poblaciones de estas dos especies. La reducción de hielo marino Ártico y Antártico podría alterar las distribuciones estacionales, los rangos geográficos, las pautas de migración, el estado de nutrición, la reproducción, y el número de los mamíferos marinos. [GTII TIE Sección 6.3.7]

Los ecosistemas marinos se pueden ver afectados por factores relacionados con el clima y, a su vez, estos cambios podrían actuar como respuestas adicionales sobre el sistema climático. Las proyecciones a largo plazo de las respuestas biológicas se ven entorpecidas por escenarios inadecuados sobre la condición física y química de las capas superiores del océano en regímenes climáticos alterados y por una falta de conocimientos sobre la aclimatación fisiológica y las adaptaciones genéticas de las especies frente a una creciente presión parcial de CO₂. Algunas especies de fitoplancton causan emisiones de sulfuro de dimetilo a la atmósfera, lo que se ha vinculado con la formación de núcleos de condensación en las nubes. Los cambios en el número y/o distribución de dichas especies de fitoplancton pueden causar reacciones adicionales sobre el cambio climático. [GTI TIE Secciones 3.2.3 y 5.2.2]

6.4. Especies vulnerables y ecosistemas (terrestres, costeros y marinos)

Muchas de las especies del planeta ya se encuentran en riesgo de extinción debido a las presiones derivadas por procesos

naturales y actividades humanas. El cambio climático va a añadirse a estas presiones para muchas especies vulnerables y amenazadas. Para unas cuantas de ellas, dicho cambio puede que mitigue las presiones existentes.

Algunas especies son más susceptibles al cambio climático que otras. Las especies con rangos climáticos limitados y/o hábitat restringidos son normalmente las más vulnerables a la extinción. Muchas áreas montañosas tienen especies endémicas que requieren un hábitat muy específico y por lo tanto puede que se pierdan si no consiguen desplazarse hacia mayores altitudes. La biota restringida a islas (por ejemplo, ciertos pájaros) o penínsulas (como el Reino Floral del Cabo, incluyendo la región de fynbos en el extremo sur de Sudáfrica) se enfrentan a problemas parecidos. Además, la biota con características fisiológicas o fenológicas particulares (por ejemplo una determinación del sexo que depende de la temperatura, como es el caso de las tortugas marinas y los cocodrilos, ambos de ellos anfibios con piel y huevos permeables) podrían ser especialmente vulnerables. Es probable que los impactos del cambio climático sobre estas especies se deban al estrés fisiológico directo, a la pérdida o alteración del hábitat, y/o a cambios en el régimen de alteraciones. La probabilidad de extinción de las especies aumenta cuando las gamas se restringen, disminuye el hábitat y se reduce la población. En contraste, las especies que ocupan zonas de hábitat amplias y sin interrupciones y que gozan de mecanismos rápidos de dispersión y grandes poblaciones se encuentran ante un menor riesgo de extinción. Algunas especies amenazadas tendrán más hábitat disponible (por ejemplo, se espera que los peces de agua dulce se beneficien en lagos pocos profundos en regiones de clima templado), reduciendo posiblemente su vulnerabilidad. [GTII TIE Secciones 5.4.1, 5.7.3, 17.2.3, y 19.3.3.1]

El riesgo de extinción va a aumentar para muchas especies, especialmente aquellas que ya se encuentran en riesgo debido a factores tales como la escasa población, un hábitat no uniforme o restringido, rangos climáticos limitados o su emplazamiento en islas bajas o cerca de la cumbre de las montañas. Muchas especies y poblaciones animales ya se encuentran amenazadas y se espera que se enfrenten a un mayor riesgo debido a las interacciones entre el cambio climático, que convierte partes del hábitat actual en zonas poco apropiadas, y los cambios en el uso de los suelos que fragmentan el hábitat y obstaculizan la migración de las especies. Sin un manejo apropiado, el cambio climático rápido, junto con otras presiones, va a ser la causa de extinción de muchas especies actualmente clasificadas como en grave peligro de desaparición, y algunas de las identificadas como en peligro o vulnerables se convertirán durante el siglo XXI en especies aún más raras y, por lo tanto, en mayor peligro de extinción. [GTII TIE Secciones 5.4.3 y 17.2.3]

Los ecosistemas restringidos geográficamente son potencialmente vulnerables al cambio climático. Entre los ejemplos de ecosistemas vulnerables y geográficamente restringidos se encuentran (aunque no se limitan sólo a ellos) los arrecifes coralinos, los manglares y los otros humedales costeros, los pastizales nativos que aún permanecen, los ecosistemas de alta montaña (los 200 a 300 m superiores), los

humedales en praderas, los pocos pastizales nativos que aún se quedan intactos, ecosistemas sobre permafrost, y ecosistemas al borde de los hielos. Las amenazas específicas a algunos de estos ecosistemas se tratan con todo detalle en otro lugar de este mismo informe.

Se esperan variaciones regionales en los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad debido a las múltiples interacciones entre los fenómenos que impulsan la pérdida de la biodiversidad. Por ejemplo, un estudio basado en las evaluaciones por expertos y en simulaciones cualitativas muestra que es probable que, durante este siglo, los ecosistemas en climas mediterráneos y en ecosistemas de pastizales experimenten el mayor cambio proporcional en biodiversidad debido a la gran influencia de todos los fenómenos que impulsan el cambio de la biodiversidad. El estudio concluye diciendo que los factores dominantes que determinan la disminución en la biodiversidad son el cambio climático en las regiones polares y el cambio en el uso de los suelos en los trópicos. Estiman que los ecosistemas templados experimenten los menores cambios en biodiversidad porque ya han experimentado grandes cambios en el uso de sus tierras. [GTII TIE Secciones 3.3.3.3, 5.2.3.1, 6.4, y 19.3]

Puede que se deba ampliar el área de muchas reservas importantes o unir las a otras reservas, pero en algunos casos no será posible ya que no hay espacio. Se espera que a medida que muchas especies se desplacen hacia los polos o hacia mayores altitudes en respuesta al aumento de las temperaturas, los emplazamientos de las reservas necesitarán ajustarse a estos movimientos. Para conseguir estos ajustes puede que sea necesaria la conservación de áreas más grandes, o el diseño apropiado de redes de reservas vinculadas por pasillos de dispersión (ver Sección 8). Incluso si se llevan a cabo estas acciones, puede que no se conserven algunas especies porque o ya se encuentran en el límite de su desplazamiento hacia el polo o hacia altitudes mayores, o están confinadas en pequeñas islas. [GTII TIE Sección 13.2.2.4 y GTII TIE Recuadro 5–7]

6.5. Impactos de cambios en la biodiversidad sobre el clima mundial y regional

Los cambios sobre la biodiversidad genética o de especies pueden producir modificaciones en la estructura y funcionamiento de ecosistemas, y su interacción con el agua, carbono, nitrógeno y otros ciclos biogeoquímicos de importancia y, de esta manera, modificar el clima. Los cambios en la biodiversidad en ecosistemas y en paisajes como respuesta al cambio climático y a otras presiones podrían afectar aún más al clima regional y mundial. Es probable que surtan efecto los cambios en los flujos de gases de traza a escala mundial debido a la rápida mezcla atmosférica de gases de efecto invernadero, mientras que las respuestas climáticas a modificaciones en las interacciones de agua y energía tiene lugar a escala local y regional.

Los cambios en la composición de las comunidades y la distribución de ecosistemas debidos a cambios climáticos y alteraciones humanas pueden producir reacciones que afecten

al clima mundial y regional. En regiones situadas en latitudes altas, los cambios en la composición de comunidades y en la cubierta de los suelos asociados con el calentamiento pueden probablemente alterar las reacciones frente al clima. La tundra tiene un albedo de entre tres y seis veces más en invierno que el de los bosques boreales, pero durante el verano el albedo y la partición de la energía varían más entre los ecosistemas dentro de la tundra o del bosque boreal que entre estos dos biomas entre sí. Es probable que si continúa el calentamiento de la superficie regional, las reducciones en el albedo mejoren la absorción de energía durante el invierno, actuando como una reacción positiva al calentamiento regional debido a un derretimiento prematuro de la nieve y, a largo plazo, al movimiento hacia los polos del límite de la zona boscosa. El secado de la superficie y un cambio en el dominio desde musgos hacia plantas vasculares también podrían aumentar tanto el flujo de calor perceptible como el calentamiento regional en la tundra durante la estación de crecimiento activo. Sin embargo, los incendios en bosques boreales pueden fomentar el enfriamiento porque las hierbas y los ecosistemas forestales de árboles de hoja caduca que aparecen después del incendio tienen un mayor albedo y un menor flujo de calor perceptible que la vegetación que estaba *in situ* antes del incendio. Los humedales del norte contribuyen en entre un 5 y un 10 por ciento a las emisiones mundiales de CH₄ a la atmósfera. A medida que cambia la composición de las comunidades, la temperatura y la hidrología, y se derrite el permafrost, existe un potencial para la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero desde los humedales del norte, lo que puede proporcionar otra reacción positiva para el calentamiento climático. [GTII TIE Secciones 5.9.1–2]

Las acciones humanas que llevan al despejo a largo plazo y a la pérdida de la vegetación de plantas madereras han contribuido y van a seguir contribuyendo en gran medida al aumento de gases atmosféricos de efecto invernadero. En muchos casos, la pérdida de la diversidad de especies asociada con el despejo de los bosques produce una transición a largo plazo desde un bosque a pastizales que se mantienen a fuerza de incendios y/o pastoreo. Dichos pastizales tienen una diversidad relativamente baja y un contenido de carbono mucho más reducido que el del bosque original. La deforestación y las actividades de despejo contribuyeron alrededor de una quinta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero ($1,7 \pm 0,8 \text{ Gt C año}^{-1}$) durante la década de 1990, que provenían en su mayoría de la deforestación de las regiones tropicales. Un total de $136 \pm 55 \text{ Gt C}$ han sido emitidos a la atmósfera debido a las acciones de despejo desde el año 1850. [SI P2.4 e IEUTCS Sección 1.2]

Los cambios en las características de la superficie terrestre (por ejemplo, las creadas por el cambio en la cubierta de los suelos) pueden modificar los flujos de energía, agua y gas y afectar a la composición atmosférica, cambiando el clima mundial, regional y local. La evapotranspiración y el albedo afectan al ciclo hidrológico local, y la disminución de la cubierta vegetativa puede producir una reducción de la precipitación a escalas regional y local, y cambiar la frecuencia y persistencia

de las sequías. Por ejemplo, en la cuenca amazónica, al menos un 50 por ciento de la precipitación se origina por la evapotranspiración proveniente de la misma cuenca. La deforestación reduce la evapotranspiración, lo que a su vez puede reducir la precipitación en cerca del 20 por ciento, produciendo un periodo seco estacional y un aumento de 2°C de la temperatura de la superficie local. Esto, a su vez, puede que tenga como resultado una disminución en el área de bosque tropical húmedo y su sustitución permanente por plantas de hoja caduca—que son más pobres en lo que a flores se refiere pero que toleran mejor las sequías—o por selvas tropicales secas o bosques. [GTI TIE Sección 3.4.2, GTII TIE Secciones 1.3.1, 5.7, y 14.2.1, IRCC Sección 6.3.1, y GTII SIE Sección 1.4.1]

6.6. *Impactos estimados sobre poblaciones tradicionales e indígenas*

Las poblaciones tradicionales⁸ e indígenas dependen directamente de los diversos recursos que les proporcionan los ecosistemas y la biodiversidad para muchos de sus bienes y servicios (por ejemplo, alimentos y medicinas provenientes de bosques, humedales costeros y praderas). Se espera que estos ecosistemas se vean afectados adversamente por el cambio climático, aunque ya se encuentran bajo peligro debido a diversas actividades humanas.

La forma de vida de las poblaciones indígenas se puede ver afectada adversamente si los cambios en el clima y el uso de los suelos producen pérdidas de biodiversidad, incluyendo pérdida de hábitats. Se han estimado impactos adversos para especies como el caribú, las aves marinas, las focas, los osos polares, los pájaros de la tundra y otros ungulados que pastan en la tundra y que son importantes fuentes de alimentación para muchas poblaciones indígenas, especialmente las que viven en el Ártico. Los ecosistemas en arrecifes proporcionan muchos bienes y servicios, y las modificaciones de estos ecosistemas debidas al cambio climático van a afectar a las personas que dependen de ellos. En algunos ecosistemas terrestres, las opciones para la adaptación (como los riegos eficientes a pequeña escala o los de jardines, los cultivos más eficientes en tierra bañadas por las lluvias, cambios en las pautas de las cosechas, los intercultivos y/o la utilización de cultivos que precisan menos agua, la labranza ecológica y la tala periódica de árboles para leña) podrían reducir algunos de los impactos y disminuir la degradación de los suelos. [GTII TIE Secciones 5.5.4.3, 5.6.4.1, 6.3.7, y 17.2.4, y GTII SIE Sección 7.5]

El cambio climático va a afectar a las prácticas tradicionales de los habitantes indígenas del Ártico, sobre todo la pesca, la caza y la cría de renos. La pesca marina en latitudes altas es muy productiva. Los cambios producidos por el clima sobre el hielo marino, las corrientes oceánicas, la disponibilidad de nutrientes, la salinidad y la temperatura en aguas oceánicas van a afectar a las rutas de migración, la estructura de la población y, en último término, a las capturas de las diferentes especies de peces. Es probable que el calentamiento climático altere también la crianza de animales. Entre las preocupaciones sobre este tema se incluyen la presencia de nieves profundas con

una superficie de hielo que impide que los animales puedan obtener forraje, líquenes y pastos; la destrucción de la vegetación como resultado de una gran actividad de pastoreo; la exposición del suelo que fomenta el establecimiento de malezas provenientes del sur, más acostumbradas a climas cálidos; y un aumento de la probabilidad de daño causado por incendios más frecuentes en la tundra. [GTII TIE Secciones 16.2.8.2.5–6]

Los desplazamientos en las épocas o zonas geográficas de especies salvajes debidos al cambio climático podrían causar un impacto sobre la vida cultural y religiosa de algunas poblaciones indígenas. Muchas poblaciones indígenas utilizan la naturaleza como parte esencial de sus ceremonias culturales y religiosas. Por ejemplo, los pájaros se encuentran muy integrados en las comunidades de los indios Pueblo en Estado Unidos, en las que se ven como mensajeros a los dioses y muy vinculados al reino espiritual. Entre los indios Zuni, también en Estados Unidos, las varas para rezos, con plumas de 72 especies de pájaros diferentes, se utilizan como ofrendas para el reino espiritual. Muchos grupos étnicos del África Subsahariana utilizan pieles de animales y plumas de pájaros para confeccionar los vestidos para sus ceremonias culturales y religiosas, tales como las faldas y coronas para los líderes y sacerdotes/sacerdotisas. Por ejemplo, en las ceremonias de los Boran, en Kenia, los líderes tribales tienen que llevar plumas de avestruz en sus rituales. La naturaleza tiene un papel similar en otras culturas del mundo. [GTII TIE Sección 5.4.3.3]

La elevación del nivel del mar y el cambio climático, junto con otros cambios ambientales, van a afectar a algunos, pero no a todos, los lugares espirituales y culturales únicos y muy importantes que existen en zonas costeras y, por lo tanto, a las personas que allí residen. Las comunidades de muchas de las zonas costeras de América del Sur tienen valores tradicionales establecidos, entre los que figuran aspectos estéticos y espirituales asociados con características del hábitat, y éstos van a verse degradadas o destruidas por la elevación del nivel del mar y por inundaciones. Las culturas únicas que se han desarrollado durante milenios en Polinesia, Melanesia, y Micronesia dependen de las islas de la región, que son ricas en recursos diversos, y tienen una gran actividad volcánica y mucha piedra caliza (por ejemplo, Vanuatu, Fiji, y Samoa) y que no van a ser dañadas probablemente por el cambio climático. Por otra parte, las islas y atolones bajos sin muchos recursos, que han desarrollado unas identidades tradicionales igualmente particulares a lo largo de los siglos (por ejemplo, las culturas de Tuvalu, Kiribati, las islas Marshall, y Maldivas) son más vulnerables a cambios en el nivel del mar y a fuertes tormentas repentinas y, por lo tanto, su diversidad cultural se podría ver muy amenazada. Los habitantes indígenas del Ártico son especialmente vulnerables al cambio climático. La erosión y la retirada de la costa como resultado del derretimiento del

⁸ En este documento nos referimos a ‘población tradicional’ como la formada por aquellos habitantes locales que tienen estilos de vida tradicionales, que son muy a menudo rurales. La población tradicional puede ser (o no) indígena en sus emplazamientos.

permafrost con mucho hielo ya están amenazando a las comunidades y a su patrimonio cultural. [GTII TIE Secciones 16.2.8.1 y 17.2.10]

6.7. Impactos regionales

Se reconoce que la biodiversidad es un tema de gran importancia en muchas regiones. Desde un punto de vista mundial, las diversas regiones tienen diferentes cantidades de biodiversidad con varias especies endémicas. Los principales impactos sobre la biodiversidad en cada región se resumen en los Recuadros 5 al 12. Ya que la biodiversidad es la base de muchos de los bienes y servicios sobre los que depende la vida humana, también se examinan aquí las consecuencias de los impactos sobre la biodiversidad para las formas de vida humana, entre ellos los impactos sobre poblaciones tradicionales e indígenas.

Una limitación del material la representa la escasez de estudios específicos regionales y nacionales. Sin embargo, los impactos presentados en las Secciones 6.2 y 6.3 se pueden aplicar a muchas regiones, debido principalmente a las similitudes en

los ecosistemas (por ejemplo, los impactos en praderas y arrecifes coralinos son muy parecidos en muchas partes del mundo).

Estimaciones recientes sugieren que el 25 por ciento (~1.125 especies) de los mamíferos del mundo, y el 12 por ciento (~1.150 especies) de los pájaros se encuentran ante un riesgo importante de extinción total. Una medida para ver este problema es el régimen de identificación de especies en riesgo. Por ejemplo, el número de especies de pájaros que se consideran en riesgo ha aumentado en casi 400 desde 1994, y tanto los tamaños actuales de las poblaciones como las tendencias sugieren que unas 600–900 especies adicionales se podrían incluir muy pronto en la lista. El número de animales amenazados de extinción varía según las regiones (ver Tabla 2). Las pautas mundiales de la diversidad se reflejan en el número de especies que se encuentran en riesgo en cada región, y las áreas con más especies se enfrentan probablemente a un mayor riesgo.

Las opciones para la adaptación pueden minimizar algunos de los impactos del cambio climático y la Sección 8.1 examina dichas opciones.

Tabla 2: Estado de algunos vertebrados del mundo salvaje. Para cada región, la tabla indica la cantidad de especies en peligro / vulnerables. [GTII TIE Tabla 5–5]

Región geográfica ^a	Total	Anfibios	Reptiles	Pájaros	Mamíferos
África	102 / 109 / 350	0 / 4 / 13	2 / 12 / 34	37 / 30 / 140	63 / 63 / 163
Asia y el Pacífico	148 / 300 / 739	6 / 18 / 23	13 / 24 / 67	60 / 95 / 366	69 / 163 / 283
Europa y Asia Central	23 / 43 / 117	2 / 2 / 8	8 / 11 / 10	6 / 7 / 40	7 / 23 / 59
Oeste de Asia	7 / 11 / 35	0 / 0 / 0	2 / 4 / 2	2 / 0 / 20	3 / 7 / 13
América Latina	120 / 205 / 394	7 / 3 / 17	21 / 20 / 35	59 / 102 / 192	33 / 80 / 150
América del Norte	38 / 85 / 117	2 / 8 / 17	3 / 12 / 20	19 / 26 / 39	14 / 39 / 41

^a Para una descripción completa de los países que forman las regiones, puede consultar la Sección 5.4.1.1 del GTII TIE o la referencia original para obtener los datos de la tabla: UNEP, 2000: *Global Environment Outlook 2000*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia.

Recuadro 5. Biodiversidad e impactos del cambio climático en África

[GTII TIE Secciones 10.1.2 y 10.2.3.2–3, e IRCC Sección 2.3]

Características regionales: África ocupa una quinta parte de la superficie terrestre del planeta. La región cuenta con una gran diversidad de clima, terrenos, biota, cultura, y características económicas. Es una zona predominantemente tropical, caliente y seca, con pequeñas áreas con temperaturas templadas en altitudes altas del extremo sur y norte. La mayor parte de la población humana se encuentra en las zonas subhúmedas y semiáridas. En la zona de los trópicos de Capricornio y Cáncer se encuentran las amplias regiones desérticas del Kalahari-Namib y del Sahara. Las economías formales e informales de la mayor parte de los países de África se basan en gran medida en los recursos naturales: agricultura, pastoreo, tala de árboles, esoterismo y minería. Muchos sistemas, pero sobre todo los bosques tropicales y los pastizales, se encuentran amenazados por las presiones de las poblaciones que allí habitan y por los sistemas para uso de los suelos, que han producido una pérdida de la biodiversidad y la degradación de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Características importantes de la biodiversidad: África contiene cerca de una quinta parte de todas las especies de plantas, mamíferos y pájaros conocidas en todo el mundo, y una sexta parte de los anfibios y reptiles. Esta biodiversidad se concentra en algunas zonas determinadas. El Reino Floral del Cabo (que cuenta con una vegetación conocida localmente como *fynbos*), con tan sólo 37.000 km² en el extremo sur de África, tiene 7.300 especies de plantas, de las que un 68 por ciento son exclusivas de esta región. La zona limítrofe Succulent Karoo, en la costa oeste del sur de África, contiene 4.000 especies, de las que 2.500 son endémicas de esta zona. Otros centros importantes de endemismo en plantas son Madagascar, las montañas de Camerún, los hábitats tipo insular de la zona afromontana que se extiende desde Etiopía a Sudáfrica, en altitudes por

Recuadro 5. Biodiversidad e impactos del cambio climático en África (continuación)

Características importantes de la biodiversidad (continuación)

encima de 2.000 m. Una gran variedad de biodiversidad en mamíferos de África (especialmente los ungulados) se encuentra en las sabanas y los bosques tropicales. Una amplia biodiversidad de antílopes y gacelas (más del 90 por ciento del total mundial de 80 especies) se concentra en África. Una media de ~4 por ciento de la superficie terrestre continental (la cifra varía de país en país desde cero al 17 por ciento) se encuentra en áreas declaradas formalmente como zonas de conservación. Una gran parte de la biodiversidad en África (especialmente en el Centro y norte de África) se encuentra principalmente fuera de las áreas formalmente conservadas, debido al bajo nivel relativo en el continente de la transformación debida a la agricultura intensiva.

Cerca de una quinta parte de las especies de aves del sur de África migran de forma estacional dentro del mismo continente, y un 10 por ciento más migran cada año entre África y el resto del mundo. Una proporción similar se puede asumir para África en general. Una de las principales pautas migratorias dentro de África es la de las aves acuáticas, que pasan el verano austral en el sur de África, y el verano en África Central. Las especies paleoárticas migratorias pasan el verano austral en lugares como la laguna Langebaan, cerca de Ciudad del Cabo, y el verano boreal en los humedales de Siberia.

Vínculos socioeconómicos: Las zonas semiáridas del Sahel, Kalahari, y Karoo han servido de apoyo a lo largo de la historia a las sociedades nómadas cuya respuesta a la estacionalidad intraanual de las lluvias y a la gran variabilidad interanual consiste en la migración. Los sistemas nómadas de pastoreo son intrínsecamente muy sólidos ante la fluctuación y los extremos climáticos (ya que han evolucionado para poder soportarlos), siempre que tengan una capacidad suficiente de movimiento y algo de estabilidad social. La prolongada tendencia al secamiento en el Sahel desde los años 1970, ha mostrado la vulnerabilidad de estos grupos al cambio climático cuando no pueden migrar porque el extremo más húmedo de las zonas de migración ya se encuentra muy poblado, y los puntos de agua permanentes se hacen más escasos en el extremo seco. La consecuencia de esta tendencia ha sido la pérdida generalizada de vidas humanas y de ganado, y cambios importantes en el sistema social.

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en África

Entre los impactos estimados del cambio climático se incluyen:

- Muchos miles de plantas se ven afectadas potencialmente por el cambio climático, especialmente los diversos *fynbos* y Karoo que florecen en las regiones de lluvia invernal en el extremo sur del continente y se encuentran particularmente amenazadas por un cambio en la estacionalidad de las lluvias (por ejemplo, la reducción en la cantidad de lluvia durante el invierno o un aumento de ésta durante el verano podrían alterar el régimen de incendios, crítico para la regeneración de los *fynbos*). Los centros montañosos de biodiversidad (por ejemplo, los del Este de África) se encuentran especialmente amenazados por incrementos de temperatura, ya que muchos de ellos representan poblaciones aisladas sin posibilidad de migraciones verticales ni horizontales. El aumento en el tamaño del desierto del Sahara puede tener un impacto negativo sobre la capacidad de supervivencia de las aves migratorias paleoárticas, ya que las forzará a seguir rutas de migración más largas.
- Los cambios estimados en el clima durante el siglo XXI podrían alterar la distribución de especies de antílopes.
- Los principales ríos son muy sensibles a las variaciones climáticas; la escorrentía media y la disponibilidad de agua se estima que disminuyan en el Mediterráneo y en los países del sur de África, lo que podría afectar a su biodiversidad. Existe un posible descenso estimado de peces pelágicos de agua dulce que se alimentan de plancton.
- Existen algunas áreas de humedales importantes en África (por ejemplo, el delta del Okavanga). La disminución de su escorrentía podría producir una reducción de recursos en el área.
- Puede que se dé una mayor extensión geográfica de vectores de enfermedades infecciosas y que éstas afectan a algunas especies salvajes. Se espera un cambio en la fenología de las plagas y enfermedades propagadas por insectos, lo que tendría como resultado potencial un aumento de pérdidas en agricultura y silvicultura, además de consecuencias desconocidas en muchos ecosistemas.
- Los aumentos en sequías, inundaciones y otros fenómenos extremos podrían añadirse a los problemas existentes en muchos ecosistemas.
- Podría aumentarse la desertificación gracias a reducciones en las lluvias medias anuales o aumentos en la demanda media de la evaporación. Cada uno o ambos factores podría producir una disminución de la escorrentía y de la humedad del suelo, especialmente en el sur, norte y oeste de África.
- Las plantas y animales con movilidad limitada que se encuentran establecidos en reservas sobre paisajes amplios y planos se encuentran en especial riesgo de gran pérdida de biodiversidad, en áreas en donde el régimen de lluvias puede cambiar de forma estacional (por ejemplo, el sur del Cabo), en donde el equilibrio árboles/pastos es sensible a las condiciones del CO₂ y/o a factores climáticos, y en donde podrían modificarse los regímenes de incendios y otras alteraciones.

Recuadro 5. Biodiversidad e impactos del cambio climático en África (continuación)

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en África (continuación)

- Entre los ecosistemas especialmente vulnerables al cambio climático se encuentran los *fynbos*, algunas praderas (incluyendo el Karoo), los bosques nublados/montañosos, los humedales (especialmente los ribereños) y las áreas áridas/semiáridas.
- Se espera que el aumento de extinciones locales y mundiales de especies de plantas y animales, muchas de las que representan un recurso importante para la gente del continente, tenga un impacto sobre las formas de vida rurales, el turismo y los recursos genéticos.

Recuadro 6. Biodiversidad e impactos del cambio climático en Asia [GTII TIE Secciones 11.1.4 y 11.2.1, e IRCC Secciones 7.3, 10.2, y 11.2–3]

Características regionales: Basándonos en unas características amplias climáticas y geográficas, la región asiática se puede dividir en cuatro subregiones: boreal, árida y semiárida, templada y tropical. Las actividades humanas en todas las épocas han producido enormes cambios en los paisajes de algunas de estas regiones. Con la excepción de los bosques boreales, muchas áreas boscosas han desaparecido o se han degradado. Amplias planicies se han cultivado y regado en algunos casos durante miles de años, y las praderas/pastizales se han utilizado para alimentar ganado. Los ecosistemas de agua dulce en Asia contienen una gran diversidad de flora y fauna.

Características importantes de la biodiversidad: Los bosques templados de Asia son un recurso de importancia mundial debido a su gran diversidad biológica y alto grado de endemismo. La región tropical de Asia es ecológicamente muy rica en biodiversidad, incluyendo las variedades actuales de cultivos y sus antecedentes y las especies de los bosques tropicales. Se han identificado algunas partes de esta región como centros de biodiversidad para una gran cantidad de cultivos y otras plantas de importancia económica que crecen en esta parte del planeta. Los bosques de Asia albergan más del 50 por ciento de las especies de plantas y animales terrestres del mundo; sólo las selvas tropicales del sudeste de Asia contienen cerca del 10 por ciento de la diversidad floral del mundo. En algunos países de la región, los bosques húmedos tropicales y las zonas con plantas madereras son recursos importantes y proporcionan la mayor parte de la leña que se consume. Una décima parte de las plantas y animales conocidos que viven en las alturas habitan en el Himalaya. Algunas de las áreas situadas en altitudes altas y medias también son centros esenciales de muchos cultivos y especies de árboles frutales y, por lo tanto, constituyen importantes fuentes genéricas para sus parientes silvestres.

Vínculos socioeconómicos: Los principales ecosistemas de agua dulce han tenido problemas debido a cambios en el uso de los suelos y modificaciones en sus cubiertas, actividades recreativas y la contaminación, y los flujos de los principales ríos se han visto afectados por proyectos de desarrollo hidroeléctricos e industriales a lo largo de ellos y en los estuarios. Los cambios en el hábitat acuático también han afectado a los bancos de peces en los valles bajos y en los deltas, ya que la ausencia de sedimentos ricos en nutrientes ha tenido un efecto negativo sobre la productividad pesquera. Los flujos reducidos en las cuencas de los valles bajos han producido la eutrofización y aguas de poca calidad.

La mayoría de los suelos semiáridos de Asia (la mayoría de ellas en Asia Central) están clasificadas como pastizales/praderas. Tanto la gente como su ganado dependen en gran medida de los pastizales: aproximadamente las dos terceras partes del ganado doméstico se alimentan de ellos. Cerca del 10 por ciento de estos suelos semiáridos sufren de algún problema u otro, lo que indica que ha habido una importante degradación de los suelos o incluso la desertificación. Aproximadamente un 70 por ciento de los pastizales de Mongolia se enfrentan a una posible degradación. En algunas áreas de altitudes altas, la biodiversidad se está perdiendo o está en peligro debido a la degradación de los suelos y el uso excesivo de los recursos (por ejemplo, en 1995, cerca del 10 por ciento de las especies conocidas en el Himalaya se clasificaron como ‘amenazadas’).

La rápida urbanización, industrialización y desarrollo económico actuales han producido un aumento de la contaminación, la degradación de los suelos y aguas y la pérdida de la biodiversidad.

Recuadro 6. Biodiversidad e impactos del cambio climático en Asia (continuación)

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los sistemas vulnerables en Asia

Entre los impactos estimados del cambio climático se incluyen:

- Se espera que las especies en ecosistemas situados en altitudes altas se desplacen hacia altitudes aún mayores. En las zonas más altas, se estima que las tasas de cambio de la vegetación sean lentas, y el éxito en la colonización se podría ver limitado por un aumento en la erosión y los flujos por tierras, como los que ocurren en los terrenos muy secos y con grandes pendientes de las montañas del Himalaya; las especies invasoras/tipo ‘maleza’ que tienen una amplia tolerancia ecológica tendrán una ventaja frente a otras especies. En la zona templada de Asia, es probable que las especies se desplacen hacia los polos, y se estima que las especies de los bosques boreales muestren grandes desplazamientos (de hasta 400 Km.) durante los próximos 50 años.
- Puede que ocurra una disminución de los bosques de coníferas en el nordeste de China y que los bosques de hoja ancha en el este de China se desplacen algunos cientos de kilómetros hacia el norte. Es probable que aumenten la frecuencia e intensidad de los incendios de bosques y de brotes de plagas en los bosques boreales. Se estima que los ecosistemas de bosques en la zona boreal de Asia se vean afectados por inundaciones y por un aumento en el volumen de escorrentía, además del derretimiento del permafrost.
- Los ecosistemas costeros en los deltas de China podrían verse afectados negativamente por la elevación del nivel del mar. Esta podría causar unas inundaciones a gran escala en los humedales de agua dulce en la costa, y la retirada/pérdida de hábitat costero en las zonas planas.
- Con la subida estimada de las temperaturas y la disminución de la precipitación, la calidad del agua se podría deteriorar, y podría aumentar en gran media la eutrofización (como ocurre en algunos lagos de Japón).
- Los manglares (por ejemplo, los del Sundarbans) y los arrecifes coralinos son especialmente vulnerables debido al cambio climático. Los manglares del Sundarbans contienen gran diversidad de especies que se encuentran en riesgo debido a la elevación del nivel del mar. Estos bosques de manglares costeros proporcionan un hábitat para especies como los tigres de Bengala, las nutrias de la India, los ciervos *Axis axis*, los jabalíes, los cocodrilos de estuario, los barriletes, los cangrejos de fango, tres especies de lagartos marinos, y cinco especies de tortugas marinas. Con una elevación de 1 metro en el nivel del mar, el Sundarbans puede desaparecer, lo que va a poner en peligro la vida del tigre de Bengala y otros animales salvajes, y puede afectar adversamente a las poblaciones humanas locales.
- Con la disminución estimada de la productividad (de entre un 40 y un 90 por ciento), es probable que el cambio climático represente un problema adicional en las praderas, y que afecte a las formas de vida de muchas personas. Tanto el cambio climático como las actividades humanas van a influenciar aún más los niveles del Mar Caspio y del Mar del Aral, con implicaciones para la biodiversidad y las personas que allí habitan.

Recuadro 7. Biodiversidad e impactos del cambio climático en Australia y Nueva Zelanda

[GTII TIE Sección 12.1 e IRCC Sección 4.3]

Características regionales: Esta región consiste en Australia, Nueva Zelanda, y sus islas tropicales distantes y las de latitudes medias. El total de tierra en esta área es de 8 millones de km². Australia es un continente grande y relativamente plano que se extiende desde los trópicos hasta las latitudes medias, con suelos relativamente pobres en nutrientes, un interior muy árido, y una precipitación muy variable. Nueva Zelanda es una zona mucho más pequeña, montañosa, y con mucha más humedad. Los ecosistemas de la región han estado sujetos a importantes influencias humanas, tanto antes como después de los asentamientos europeos hace 200 años. Ambos países cuentan con una gran población de habitantes indígenas, que tienen generalmente un menor nivel económico y una salud peor.

Características importantes de la biodiversidad: La evolución en aislamiento de Australia y Nueva Zelanda ha producido niveles muy altos de endemismo (un 77 por ciento de mamíferos, un 41 por ciento de aves, y un 93 por ciento de especies de plantas, entre éstas muchas especies de eucaliptos). Nueva Zelanda está considerada uno de los 25 lugares más interesantes en lo que se refiere a su biodiversidad. Zonas como el oeste de Australia y el norte de Queensland tienen un alto nivel de endemismo. Australia cuenta con el sistema de arrecifes más grande de todo el mundo, la Gran Barrera de Arrecifes. Es uno de los 12 países del mundo reconocidos por su ‘megadiversidad’, y es la fuente y origen del mundialmente conocido *Eucalyptus*. La alteración en la composición de los bosques es más probable que ocurra cuando la fragmentación de los bosques reduzca el potencial para la dispersión de especies nuevas y más apropiadas. Los sistemas alpinos, a pesar de cubrir una pequeña zona, son importantes para muchas especies de plantas y animales, no pocas de las cuales se encuentran amenazadas.

Recuadro 7. Biodiversidad e impactos del cambio climático en Australia y Nueva Zelanda (continuación)

Vínculos socioeconómicos: Muchas partes de la región han estado sujetas a importantes influencias humanas, especialmente después de los asentamientos europeos, sobre todo por la desaparición generalizada de la vegetación, el empleo de incendios como herramienta de manejo, y la introducción de plantas y animales no autóctonos. Debido a millones de años de aislamiento, sus ecosistemas son particularmente vulnerables a las especies introducidas (por ejemplo, las ovejas, las vacas y los conejos), y a plagas, enfermedades y malezas. Esta vulnerabilidad ha producido una pérdida de biodiversidad en muchos ecosistemas (y en algunos ecosistemas al aumento de plantas tipo maleza), además de una fragmentación de ecosistemas, y una salinización secundaria.

En Australia, las praderas cubren unas dos terceras partes del país, y son elementos de gran importancia para la producción de carne y lana, pero se encuentran con problemas debido a las actividades humanas (principalmente la producción animal) a la introducción de animales tales como los conejos, y a un manejo no apropiado. Estos problemas han producido la degradación de los suelos, la salinización, y la invasión de plantas madereras.

En Australia, aún existe el 50 por ciento de la cubierta forestal ya que existía cuando llegaron los asentamientos europeos, aunque la mitad de los árboles han sido talados. En toda la nación, el despejo aún sobrepasa la plantación de árboles, aunque esto varía enormemente entre las diferentes regiones, y ocurre principalmente en las zonas de bosque. Las presiones sobre los bosques grandes y pequeños son probables que disminuyan como resultado de una reciente legislación relacionada con la protección de los bosques en algunos estados de Australia, y a medida que aumente el interés en el secuestro de carbono. En Nueva Zelanda, aún permanece el 25 por ciento de la cubierta forestal original, con un 77 por ciento en manos de entidades protectoras del medio ambiente, 21 por ciento en manos privadas y el 2 por ciento de propiedad estatal. Las limitaciones legales sobre la producción nativa de madera significa que cerca del 4 por ciento de la cubierta forestal está siendo manejada para producción en estos momentos, y que se ha terminado la tala de árboles sin sustituirlos por árboles nuevos.

Los humedales continúan siendo vulnerables, a pesar de estar incluidos en las listas de Ramsar y Patrimonio de la Humanidad. Una gran cantidad de ellos han sido destruidos debido al almacenaje del agua, proyectos hidroeléctricos y de riego, diques, presas y trabajos para el manejo de ríos, la canalización, cambios en el flujo, en el nivel del agua y en regímenes térmicos; la contaminación tóxica y destrucción de áreas para ría, procreación y crecimiento, y el empleo de humedales para la agricultura.

La Gran Barrera de Arrecifes se enfrenta a la explotación en exceso, la decoloración debida a fenómenos tales como los asociados con el Niño, y la creciente contaminación y turbiedad de las aguas costeras provocadas por la descarga de sedimentos, fertilizantes, pesticidas y herbicidas (pero todavía a un nivel menor que en otros arrecifes coralinos del mundo). Se ha realizado un gran progreso para garantizar que la explotación de La Gran Barrera de Arrecifes sea ecológicamente sostenible.

En ambos países, la población indígena (Aborígenes e Isleños del Estrecho de Torres en Australia, y los Maoríes de Nueva Zelanda) depende de muchos ecosistemas terrestres, costeros y marinos tanto para su uso como fuentes tradicionales de alimentos y materiales como por su significado cultural y espiritual (y probablemente se van a ver afectados adversamente por el cambio climático). La población indígena de Australia es especialmente vulnerable al cambio climático, ya que vive normalmente en condiciones rurales de aislamiento, expuestos a desastres climáticos y a problemas térmicos y en áreas en los que es más probable se dé una mayor incidencia de enfermedades transmitidas por vectores y por el agua.

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en Australia y Nueva Zelanda

Entre los impactos estimados por el cambio climático se incluyen:

- Se espera una tendencia al secamiento sobre gran parte de la región, y es probable que un cambio hacia un estado medio más parecido a El Niño afecte a muchos ecosistemas, especialmente a los semiáridos.
- Los aumentos en la intensidad de los fenómenos de fuerte precipitación y cambios en la frecuencia de los ciclones tropicales podrían afectar a los ecosistemas, debido a las inundaciones, las fuertes tormentas repentinas y los daños ocasionados por el viento.
- Aunque muchas especies lograrán adaptarse, se estima que el cambio climático reduzca la biodiversidad de muchos ecosistemas.
- Podrían ocurrir cambios en la composición de los bosques y selvas cuando la fragmentación provocada por el cambio climático reduzca el potencial para la migración de especies nuevas y más apropiadas.
- Entre los ecosistemas que son especialmente vulnerables al cambio climático figuran los arrecifes coralinos, los hábitats semiáridos del sudoeste e interior de Australia, los humedales de agua dulce en zonas costeras, y los sistemas alpinos.
- Algunos ecosistemas de Nueva Zelanda serán vulnerables a especies invasoras.

Recuadro 8. Biodiversidad e impactos del cambio climático en Europa
[GTII TIE Sección 13.2.2, IRCC Secciones 5.1.2 y 5.3.1.6, y GTII SIE Sección 3.2.3]

Características regionales: Aunque una gran parte de Europa estaba cubierta originariamente por bosques, las pautas de vegetación natural se han transformado por las actividades humanas, especialmente por los cambios en el uso y en las cubiertas de los suelos, incluyendo la agricultura intensiva y la urbanización. Sólo en la parte montañosa más al norte y en partes del norte, este y del centro de la Rusia europea la cubierta forestal no se ha visto afectada en gran medida por las actividades humanas. Sin embargo, una parte importante del continente se encuentra cubierta por bosques/zonas madereras plantadas o regeneradas en tierras que anteriormente se habían despejado. Las regiones costeras árticas del norte de Europa y las laderas superiores de sus montañas más altas se caracterizan sobre todo por una gran cantidad de líquenes, musgos, hierbas y arbustos. Las zonas en el interior del norte de Europa, con un clima más suave (aunque es todavía frío) tienen coníferas. La zona de vegetación más extensa de Europa (que cruza la parte central del continente desde el Atlántico hasta los Urales) consiste en una mezcla de árboles de hoja caduca y bosques de coníferas. Gran parte de la Gran Planicie Europea se encuentra cubierta por zonas de hierbas altas; más al Este, Ucrania se caracteriza por ser una región plana y relativamente seca, con hierbas de pequeño tamaño. La región mediterránea se encuentra cubierta por una vegetación que se ha adaptado a condiciones que generalmente son cálidas y secas; la vegetación silvestre tiende a ser más escasa en las zonas este y sur de la cuenca mediterránea.

Características importantes de la biodiversidad: En el pasado, Europa tuvo una gran variedad de mamíferos salvajes, entre ellos ciervos, alces, bisontes, jabalíes, lobos y osos. Muchas de estas especies se han extinguido a lo menos localmente, o han reducido en gran medida su población. Algunas especies de vertebrados, sin embargo, se han vuelto a introducir en el siglo XX después de haberse extinguido localmente, y algunas han podido recuperarse debido a las labores de protección o restauración de hábitats tales como los humedales. Los animales nativos en zonas montañosas han sobrevivido a la invasión de su hábitat por parte de los seres humanos; las gamuzas y las cabras montesas se encuentran a grandes alturas en los Pirineos y en los Alpes. Europa aún cuenta con muchos pequeños mamíferos y especies de aves nativas. Una porción importante de los hábitats seminaturales de gran valor ecológico que todavía existen se encuentran en lugares protegidos y son especialmente importantes como refugios para especies amenazadas. Las reservas naturales tienden a formas ‘islas’ de hábitat para especies en paisajes dominados por otros usos de tierras, y constituyen una inversión importante para la conservación de especies a lo largo de toda Europa.

Vínculos socioeconómicos: Europa, en estos momentos, es predominantemente una región con hábitats naturales fragmentados o hábitats seminaturales rodeado de un paisaje muy urbanizado. Gran parte de Europa se encuentra cultivada y cerca de un tercio del área total consiste en tierras de cultivo, siendo los cereales la principal cosecha. Los ecosistemas naturales se limitan generalmente a los suelos pobres, mientras que la agricultura ocupa los terrenos más fértiles. Los bosques europeos (un sector económico muy importante que es muy sensible al clima) se ven afectados por los altos niveles de deposición de nitrógeno y de sulfatos. Las presiones ambientales clave se centran en la degradación de la biodiversidad, los paisajes, los suelos, las tierras y las aguas (debido en gran medida a la contaminación).

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en Europa

Entre los impactos estimados por el cambio climático se incluyen:

- Se estima que los ecosistemas cambien su composición, estructura y función, con un desplazamiento de algunas especies hacia el polo y hacia altitudes mayores; el permafrost va a disminuir; los árboles y los arbustos se van a extender por la tundra del norte; y los árboles de hoja ancha pueden invadir los bosques de coníferas. Se estima que en los bosques boreales del sur, las especies de coníferas disminuyan debido a un aumento simultáneo de las especies de árboles de hoja caduca.
- La mayoría de escenarios de cambio climático sugieren un posible desplazamiento general de algunos cientos de kilómetros hacia el norte de la zona climática apropiada para los bosques boreales alrededor del año 2100.
- En las regiones montañosas, las más altas temperaturas van a producir un desplazamiento hacia altitudes mayores de las zonas bióticas y criosféricas y una perturbación del ciclo hidrológico. Como consecuencia de la mayor duración de la época de crianza y de las temperaturas más altas, las áreas alpinas europeas van a disminuir debido a la migración hacia altitudes mayores de especies de árboles. Va a tener lugar una redistribución de especies y algunas especies se verán amenazadas por la extinción debido a la falta de posibilidad para migrar hacia altitudes mayores, ya sea porque las especies no se pueden mover lo suficientemente rápido o porque la zona no está disponible.

Recuadro 8. Biodiversidad e impactos del cambio climático en Europa (continuación)

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en Europa (continuación)

Entre los impactos estimados por el cambio climático se incluyen:

- Va a aumentar el peligro de inundaciones en una gran parte de Europa, y este riesgo va a ser de especial importancia en áreas costeras en donde las inundaciones provocarán más erosión y los humedales costeros se perderán como consecuencia de ello. Se estima que la pérdida de humedales costeros en la década de 1980 del siglo XXI va a ser de 0–17 por ciento en la costa atlántica, de 84–98 por ciento en la báltica, y de 81–100 por ciento en la mediterránea, y cualquier humedal que sobreviva se va a ver alterado en gran medida. Esto podría tener graves consecuencias para la biodiversidad en Europa, sobre todo para las aves que viven en la costa durante el invierno y para las poblaciones de especies marinas.
- La pérdida de hábitats de importancia (humedales, tundra, hábitats aislados) podría amenazar a algunas especies, entre ellas unas especies raras/endémicas y las aves migratorias. Las cuencas hidrológicas dominadas por el derretimiento de nieves van a experimentar flujos máximos anticipados en primavera y una posible reducción en verano de los flujos y de los niveles de aguas en corrientes y lagos, lo que tendría un gran impacto sobre los ecosistemas acuáticos.
- La riqueza de especies de plantas puede que disminuya en ecosistemas de tipo mediterráneo si el clima se hace aún más seco.
- Las temperaturas más altas durante el invierno podrían hacer aumentar la distribución geográfica de algunas especies introducidas (por ejemplo, el *Nothofagus procera* en Gran Bretaña).
- Los hábitats de especies ya fragmentados pueden fragmentarse aún más, con la desaparición regional de algunas de ellas si no pueden persistir, adaptarse o migrar.
- Con el cambio climático, algunas comunidades de especies de gran valor que habitan en áreas protegidas podrían verse desvinculadas y sin ningún lugar a donde ir. Algunas poblaciones de ciertas especies que actualmente habitan en lugares con temperaturas máximas actuales cercanas a los límites de tolerancia de la especie puede que se extingan si el clima se calienta por encima de dichos límites. Como resultado del cambio climático, las comunidades en reservas naturales podrían perder especies a una velocidad mayor que la potencial colonización de nuevas especies, dejando a las reservas con un largo periodo de empobrecimiento. Por esto, la diversidad biológica en las reservas naturales se encuentra amenazada por el rápido cambio climático. Se necesitan redes de hábitats y pasillos de hábitat para facilitar la migración.

Recuadro 9. Biodiversidad e impactos del cambio climático en América Latina

[GTII TIE Sección 14.1.2 e IRCC Secciones 6.3.1 y 6.3.3]

Características regionales: La región latinoamericana es sorprendentemente heterogénea desde el punto de vista de clima, topografía, ecosistema, distribución de la población humana y tradiciones culturales. La superficie de la región latinoamericana es de ~19,93 millones de km². Las cordilleras montañosas y las mesetas juegan un importante papel en la determinación no sólo del clima regional y del ciclo hidrológico, sino también de su biodiversidad. El río Amazonas, con diferencia el río más grande del mundo desde el punto de vista de caudal, tiene un papel de gran importancia en el ciclo y equilibrio del agua en gran parte de América del Sur. Los cambios en el uso de los suelos se han convertido en una fuerza impulsora de importancia en los ecosistemas. Muchos ecosistemas se encuentran ya en riesgo, sin los problemas adicionales que se esperan del cambio climático. Existen ~570 millones de unidades animales en el subcontinente, y más del 80 por ciento de ellas se alimentan en sus praderas. América Latina cuenta con un 23 por ciento de las tierras de cultivo del planeta aunque (en contraste con otras regiones) mantiene un alto porcentaje de ecosistemas manejados sin intensidad. Las culturas precolombinas habían desarrollado una serie de actividades agrícolas comunitarias en las mesetas altas, en donde la mayoría de las comunidades indígenas de América Latina aún se encuentran establecidas.

Características importantes de la biodiversidad: América Latina cuenta con una gran variedad de ecosistemas, que abarcan desde los bosques tropicales amazónicos, los bosques nublados, los páramos andinos, las praderas, y los suelos de matorros hasta los desiertos, los pastizales, y los humedales. Las praderas cubren cerca de un tercio de los suelos de América Latina. Los bosques ocupan un ~22 por ciento de la región, y representan un ~27 por ciento de la cubierta forestal del mundo. América Latina se conoce como la región con algunas de las mayores concentraciones de biodiversidad del planeta, tanto terrestres como marinas, y su diversidad genética se encuentra entre las más ricas del mundo. Siete de las áreas más diversas y amenazadas del mundo se encuentran en América Latina y el Caribe.

Recuadro 9. Biodiversidad e impactos del cambio climático en América Latina (continuación)

Características importantes de la biodiversidad (continuación)

Las cordilleras montañosas son las fuentes de grandes ríos en la región (por ejemplo, de los afluentes de las cuencas del Amazonas y Orinoco) y son de gran importancia para la biodiversidad. La selva amazónica contiene el mayor número de especies de plantas y animales de América Latina. Las zonas templadas y áridas de esta región contienen importantes recursos genéticos, desde el punto de vista de genotipos silvestres y domesticados.

Los humedales costeros y los del interior tienen una gran biodiversidad animal, y también contribuyen a la diversidad genética de la región. Uno de los mayores sistemas de arrecifes coralinos del mundo domina la costa del Oeste del Mar Caribe. Los bosques costeros, principalmente los manglares, se están perdiendo a una velocidad aproximada de 1 por ciento por año, lo que produce una disminución en las zonas de cría y refugio de peces y moluscos.

Vínculos socioeconómicos: Muchos ecosistemas (por ejemplo, los corales, los manglares y otros humedales) se encuentran en gran riesgo debido a actividades humanas, y el cambio climático va a constituir un problema adicional. Muchas poblaciones indígenas y comunidades locales dependen de ecosistemas diferentes (bosques, sabanas, humedales costeros, etc.) para sus formas de vida y valores culturales.

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en América Latina

Entre los impactos estimados por el cambio climático se incluyen:

- Un aumento en la velocidad a la que se pierde la biodiversidad.
- Impactos adversos en bosques nublados, bosques tropicales (de hoja caduca) y zonas de matorros secos de forma estacional, los hábitats de zonas bajas (arrecifes coralinos y manglares), y los humedales en el interior.
- La pérdida y retirada de glaciares podría afectar de forma adversa a la descarga y el suministro del agua en áreas en donde el derretimiento de los glaciares es una fuente importante de agua, afectando a la estacionalidad de sistemas como las lagunas en los *Páramos* que contienen una gran cantidad de biodiversidad.
- Inundaciones y sequías más frecuentes, con inundaciones que aumentan la descarga de sedimentos, causando una degradación de la calidad del agua en algunas zonas.
- Los ecosistemas de manglares se van a degradar o perder a una velocidad de 1–1,7 por ciento por año gracias a la elevación del nivel del mar, lo que reducirá las poblaciones de algunos tipos de peces.
- El cambio climático podría alterar los estilos de vida de los pueblos situados en las montañas, alterando la producción ya marginal de alimentos y la disponibilidad de recursos acuáticos así como los hábitats de muchas especies que son importantes para la población indígena.
- El cambio climático podría tener algunos efectos beneficiosos en los bancos de peces de agua dulce y en la acuicultura, aunque podrían existir importantes efectos negativos, dependiendo de las especies y de los cambios climáticos específicos en el ámbito local.

Recuadro 10. Biodiversidad e impactos del cambio climático en América del Norte

[GTII TIE Secciones 5.6.2.2.1, 6.3.6, 15.1.2, y 15.3.2, e IRCC Sección 8.3]

Características regionales: La región norteamericana es muy diversa desde el punto de vista de su estructura geológica, ecológica, climática, y socioeconómica. Las zonas muy urbanizadas e industrializadas, la agricultura intensiva, los bosques y la extracción de recursos no renovables representan recursos manejados a gran escala y ecosistemas dominados por los humanos. Sin embargo, dentro de este contexto, existen grandes áreas con ecosistemas manejados sin intensidad. Las temperaturas extremas en la región están comprendidas entre -40 y +40°C. El tiempo que se experimenta en las Grandes Planicies (que incluyen las praderas de Canadá) y el Sudeste de Estados Unidos es más severo (con tormentas, tornados y granizadas) que el de ninguna otra región del mundo. Prácticamente todos los sectores en América del Norte son vulnerables al cambio climático hasta cierto punto en alguna que otra de sus subregiones.

Recuadro 10. Biodiversidad e impactos del cambio climático en América del Norte (continuación)

Características importantes de la biodiversidad: Los ecosistemas terrestres no forestales constituyen el tipo de cubierta más extenso (>51 por ciento) de América del Norte. Estos ecosistemas son muy diversos e incluyen humedales no sujetos a mareas (ciénagas, y zonas pantanosas), tundra, praderas (pastizales, desiertos, y sabanas), y tierras para agricultura (cosechas y pastos). Los ecosistemas no forestales son la fuente de la mayoría de los flujos de agua superficiales y de la recarga de acuíferos en las Grandes Planicies del oeste y en las regiones del extremo norte del subcontinente. América del Norte cuenta con un ~17 por ciento de los bosques del mundo, y estos bosques contienen a su vez cerca del 14–17 por ciento del carbono biosférico terrestre. En latitudes medias, las condiciones e historial específicos de los lugares, el manejo humano, la contaminación del aire y los efectos bióticos (por ejemplo la herbivoría) puede que ejerzan más control sobre la productividad, la descomposición y el equilibrio de carbono en los bosques que el cambio climático o el enriquecimiento de CO₂. Canadá cuenta con ~24 por ciento del total de humedales del planeta. Hay unas poderosas pruebas que muestran que ha tenido lugar un importante calentamiento en las latitudes altas. Los bosques boreales se están expandiendo hacia el norte a una velocidad de unos 100 Km. por °C. Algunos bosques boreales del centro de Alaska se han transformado en amplios humedales durante los pasadas décadas gracias a las más altas temperaturas del suelo y la más profunda descongelación estacional del permafrost discontinuo y relativamente cálido, y la composición de algunas especies de plantas (especialmente los forbs y líquenes) se ha alterado.

El estado de la fauna y la flora terrestres en América del Norte varía según la zona geográfica, los taxones, y su asociación con el habitat. En la Tabla 2 se puede hallar un cálculo mínimo del número de especies en riesgo. Mientras que la región de América del Norte cuenta con una cantidad relativamente escasa de especies endémicas (comparada con otras regiones), tiene grandes poblaciones de algunas especies migratorias tales como las aves acuáticas. Estudios recientes han sugerido cambios vinculados con el clima en la distribución de algunas mariposas, pájaros, y plantas, en las épocas de migración y puesta de huevos de algunas aves, y en la fenología de plantas, así como en la aparición de mamíferos tras la hibernación.

Vínculos socioeconómicos: Los humedales en latitudes medias se han visto afectados en gran medida por una gran variedad de actividad humana durante los últimos 200 años. Las labores agrícolas, la construcción de edificios y carreteras y otras actividades han destruido más del 50 por ciento de los humedales originales en Estados Unidos. Los que aún existen han sido alterados por actividades de cultivo y pastoreo, la contaminación, los cambios hidrológicos y la invasión de especies no autóctonas. Los humedales en latitudes altas han sufrido niveles muy inferiores de alteración antropogénica. Las praderas proporcionan amplia variedad de bienes y servicios, incluyendo forraje, agua y habitat para la fauna y los animales domésticos, y un espacio abierto para realizar actividades recreativas. Las actividades recreativas asociadas con los bosques contribuyen a los ingresos económicos y a la creación de empleo en todas las regiones boscosas de América del Norte. Los usos consumibles y no consumibles de la flora y fauna silvestres proporcionan miles de millones de dólares a las economías locales del subcontinente. Muchas comunidades indígenas cazan, pescan y realizan otras actividades para la obtención de recursos para la subsistencia, y ya se encuentran afectadas por los cambios en las oportunidades para utilizar la flora y fauna silvestres y en el empleo asalariado. Se calcula que el cambio climático afecte la cantidad de fauna (especialmente las especies migratorias) y a sus hábitats, modificando de esta manera las pautas tradicionales de recolección de productos naturales y poniendo en peligro de desaparición los estilos de vida tradicionales. La tundra de tierra firme es el lugar donde se encuentra la mayoría de la población Inuit. También proporciona terrenos para la puesta y cría de una gran variedad de aves migratorias y el principal terreno en donde la camada más grande de caribús del Canadá paren y se crían durante el verano. Además, es el habitat para gran cantidad de especies de plantas y animales, esenciales para la vida de subsistencia de las comunidades indígenas. Se prevé que la tundra en tierra firme se reduzca en gran medida, afectando con ello a las comunidades indígenas (ver también Recuadro 11).

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en América del Norte

Entre los impactos previstos por el cambio climático se incluyen:

- Las cuencas hidrológicas dominadas por el derretimiento de las nieves en el oeste del subcontinente podrían experimentar flujos máximos prematuros durante la primavera, y una posible reducción de flujos en verano, con posibles impactos sobre los ecosistemas acuáticos.
- Se prevé que la distribución geográfica de especies continúe desplazándose hacia el norte y hacia altitudes mayores, pero muchas especies terrestres no podrán moverse tan rápidamente como el cambio previsto para el clima; puede también que existan barreras que impidan su desplazamiento. Es probable que también continúe la variación de la época de migración y otros fenómenos fenológicos. A mayor velocidad en el cambio del clima, mayor la posibilidad de alteración del ecosistema y la extinción de especies.

Recuadro 10. Biodiversidad e impactos del cambio climático en América del Norte (continuación)

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en América del Norte (continuación)

- El aumento de las temperaturas podría reducir los ecosistemas subárticos. La pérdida de aves de caza migratorias y de hábitat para el forraje y la cría de mamíferos podría ocurrir dentro de las taigas/tundras que se prevé que han de casi desaparecer en las zonas de tierra firme. Partes de estas zonas sirven de apoyo a especies de plantas y animales, esenciales para el estilo de vida de subsistencia de las comunidades indígenas.
- La elevación del nivel del mar y la creciente frecuencia de las fuertes tormentas marinas podría tener como consecuencia un aumento de la erosión costera, inundaciones en las costas y la pérdida de humedales costeros, sobre todo en Luisiana, Florida, y en una gran parte de la costa atlántica de Estados Unidos. Aproximadamente un 50 por ciento de los humedales costeros de América del Norte se podrían ver inundados. En algunas zonas, los humedales se podrían ver recortados entre el mar que sigue elevándose y las estructuras de ingeniería.
- Los fenómenos asociados con El Niño están implicados en la disminución de los bancos de peces en la costa oeste de América del Norte, y las áreas de alimentación del salmón pueden hacerse menos productivas, reduciendo, por lo tanto, la captura de peces.
- Se proyecta que los hábitats de peces de corrientes disminuyan en Estados Unidos en un 47 por ciento para los de aguas frías, un 50 por ciento para los de aguas templadas, y un 14 por ciento para las especies de aguas cálidas.
- Los ecosistemas únicos gestionados de manera no intensiva—tales como la tundra, algunos pantanos costeros de agua salada, los humedales en praderas, los paisajes áridos o semiáridos y los ecosistemas de aguas frías—son vulnerables y es muy improbable que exista una adaptación efectiva.
- El cambio climático puede causar cambios en la naturaleza y amplitud de algunos factores que causan alteraciones (por ejemplo, los incendios y los brotes de insectos) en áreas boscosas. El área de bosque forestal que se quema cada año se ha duplicado en los últimos 20 años, a pesar de la mejora para la detección y apagado de incendios. Dicha cifra sigue una ruta casi paralela al calentamiento en la región. El cambio climático también parece acelerar el desarrollo estacional de algunas especies. Se prevén cambios en el emplazamiento geográfico y/o la frecuencia de brotes de plagas de insectos dañinos. Dichos cambios podrían producir modificaciones en la estructura subyacente y en la composición de las especies de algunas áreas boscosas así como posibles cambios concomitantes en la biodiversidad.
- Se proyecta que aumenten las especies invasoras y la vulnerabilidad de los ecosistemas existentes.

Recuadro 11. Biodiversidad e impactos del cambio climático en las regiones polares

[GTII TIE Secciones 16.2.3.4 y 16.3.1–2, e IRCC Secciones 3.2 y 3.4]

Características regionales: El Ártico y el Antártico contienen ~20 por ciento de la superficie terrestre del planeta. Aunque son parecidas en muchas maneras, las dos regiones polares son diferentes. El Ártico es un océano congelado rodeado de tierra, mientras que el Antártico es un continente congelado rodeado de océano (en los informes del IPCC se incluyen las islas subantárticas en esta región). Las regiones polares incluyen algunos paisajes muy diversos y son zonas marginales para muchas especies. Sin embargo, muchos organismos prosperan en sus ecosistemas terrestres y marinos. El Antártico es el continente más seco y frío y carece de árboles. El Ártico incluye bosques boreales, pastizales con matas de hierbas y tierras de matorros.

Características importantes de la biodiversidad: Tanto el Ártico como el Antártico son muy importantes para los mamíferos marinos, entre ellos las focas, las ballenas y muchas especies de aves migratorias. El oso polar, el caribú y el buey almizclero son animales terrestres característicos en el Ártico, tal y como lo es en el Antártico el pingüino. Los ecosistemas terrestres del Antártico son comparativamente sencillos, limitados por un área terrestre expuesta que es muy fría. Sólo un 2 por ciento de la superficie del Antártico no está cubierta de hielo. Existen algunas plantas microscópicas que se encuentran principalmente en grietas y huecos de rocas expuestas, y el suelo, poco desarrollado, contiene bacterias, algas, levadura y otros hongos, líquenes, e incluso esporas de musgo (aunque estas últimas normalmente están en estado de aletargamiento). La región costera es especialmente propensa a la vegetación de líquenes y musgos. El agua derretida de las nieves y los hielos ayuda a soportar el crecimiento de especies de hierbas como los pastos. En la península antártica y en las islas del subantártico, algunas especies de invertebrados sobreviven al duro entorno que les rodea, gracias a los mecanismos de superenfriamiento y de anhidrobiosis. Los Valles Secos son unas de las regiones desérticas más extremas del mundo.

Recuadro 11. Biodiversidad e impactos del cambio climático en las regiones polares (continuación)

Vínculos socioeconómicos: Aunque la población en el Ártico es relativamente reducida, la mayoría de las comunidades indígenas tienen estilos de vida tradicionales y dependen en gran medida de la biodiversidad para sobrevivir. Los cambios en la distribución y número de animales en el mar y en la tierra van a tener un impacto negativo sobre los estilos de vida tradicionales de las comunidades indígenas. Por otra parte, si el clima mejora, las condiciones van a favorecer la expansión de la agricultura y la silvicultura hacia el norte, con la consecuente expansión de la población y de los asentamientos. Las comunidades indígenas, con estilos de vida tradicionales, tienen escasa capacidad y pocas opciones para la adaptación al cambio climático.

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en las regiones polares

Entre los impactos proyectados por el cambio climático se incluyen:

- Se prevé que el cambio climático en las regiones polares (especialmente en el Ártico) sea de los mayores de cualquier región del planeta, y va a tener importantes impactos físicos y ecológicos.
- Es probable que el cambio climático tenga como consecuencia alteraciones en muchos ecosistemas en el Ártico durante el siglo XXI. La tundra podría disminuir en dos tercios; el bosque boreal podría avanzar más hacia el norte; y algunos de los humedales y turberas del norte podrían secarse, mientras que podrían aparecer otros, como resultado de los cambios hidrológicos y las condiciones de desagüe.
- Los animales que migran grandes distancias, entre ellos las ballenas y las aves marinas, se pueden ver afectados por cambios en la disponibilidad de alimentos durante la migración. Muchas de las especies costeras de pájaros de todo el mundo así como otras especies polares crían en la tundra ártica, que se podría ver afectada por cambios en la distribución de hábitats. La migración a esta área de flora y fauna se va a ver limitada por la disponibilidad de dicho habitat.
- Algunas de las corrientes que actualmente se congelan hasta sus fondos van a mantener una capa de agua por debajo del hielo, beneficioso para los invertebrados y para los peces. Las capas de hielo más finas van a incrementar la radiación solar que penetra hasta el agua que existe por debajo del hielo, aumentando de esta manera la producción fotosintética de oxígeno y reduciendo su potencial para eliminar peces en invierno. Sin embargo, una estación más prolongada sin hielo va a aumentar la mezcla de aguas, lo que produciría menores concentraciones de oxígeno y un aumento de los problemas en los organismos de aguas frías. El calentamiento va a provocar una estación más breve con hielos, y una disminución de inundaciones por hielo, beneficioso para muchas comunidades del norte que habitan cerca de planicies que sufren inundaciones por ríos. En contraste con todo ello, las reducciones en la frecuencia y gravedad de inundaciones por hielos podría tener un serio impacto en los ecosistemas ribereños del norte—especialmente en los deltas muy productivos de los ríos, donde las inundaciones periódicas han sido esenciales para la supervivencia de lagos y estanques adyacentes.
- El permafrost se va a volver más cálido y es probable que se reduzca en un 12–22 por ciento hacia el año 2050. La descongelación estacional más profunda va a mejorar las condiciones de desagüe y estimular la emisión de nutrientes a la biota. Se prevé que el secado y/o humedecimiento asociados con el derretimiento y desagüe del permafrost reduzcan las comunidades de briofitas (secándolas) o produzcan un aumento en su frecuencia cuando se impida el desagüe. Se puede esperar desplazamiento en el equilibrio entre musgos, líquenes y ciertos tipos de hierbas.
- Una cantidad menor de hielo marino reducirá los bordes de los hielos, habitat principal de organismos marinos en las regiones polares.
- La disminución en la extensión y grosor del hielo marino puede producir cambios en la distribución, la estructura etaria, y el tamaño de las poblaciones de mamíferos marinos. En el Ártico, las especies de focas que utilizan el hielo para descansar y los osos polares que se alimentan de las focas se encuentran especialmente en riesgo. En el Antártico, las focas cangrejas y los pingüinos emperadores que dependen del hielo marino se van a encontrar en desventaja. Por el contrario, puede crecer la población de los pingüinos de barbijo en aguas abiertas. Debido a la estrecha relación entre la cubierta de hielo estacional y el dominio del camarón antártico o las medusas, los mamíferos marinos tales como las ballenas, focas y aves marinas que dependen de estos camarones, se van a encontrar en desventaja. Debido a la importancia de los camarones en muchas cadenas alimenticias, los ciclos alimentarios completos del ecosistema marino se van a ver afectados adversamente por el cambio climático y por los crecientes niveles de radiación ultravioleta-B (UV-B).
- Las regiones polares son muy vulnerables al cambio climático y tiene una baja capacidad adaptativa.

Recuadro 12. Biodiversidad e impactos del cambio climático en los pequeños estados insulares

[GTII TIE Secciones 17.1–2 e IRCC Sección 9.3]

Características regionales: Las islas pequeñas aquí consideradas se encuentran principalmente en los trópicos y en los subtropicos. Estas naciones insulares se extienden por las regiones oceánicas del Pacífico, Indico y Atlántico, además de mares del Caribe y el Mediterráneo. Muy pocas de estas islas sobrepasan 3–4 m por encima del nivel medio del mar; incluso en las islas más elevadas, la mayor parte de los asentamientos, de las actividades económicas, de la infraestructura y de los servicios se encuentra en la costa o cerca de ella. Comparten muchas características comunes (por ejemplo, el reducido tamaño físico, el estar rodeadas de una gran masa oceánica, limitados recursos naturales, y la propensión a desastres naturales y fenómenos extremos) que ejemplifican su vulnerabilidad frente a los impactos previstos respecto del cambio climático.

Características importantes de la biodiversidad: Las islas pequeñas difieren en su biodiversidad marina, costera y terrestre. Algunas son muy ricas. Por ejemplo, los arrecifes coralinos tienen la mayor biodiversidad de cualquier ecosistema marino, con unas 91.000 especies descritas de taxones de arrecifes. El endemismo entre la flora terrestre es muy alto en Fiji (58 por ciento), la Isla Mauricio (46 por ciento), la República Dominicana (36 por ciento), Haití (35 por ciento) y Jamaica (34 por ciento). Por el contrario, otros ecosistemas insulares tales como las islas de arrecifes bajos tienden a tener un bajo índice de biodiversidad y endemismo. Una de cada tres plantas amenazadas son endémicas de las islas; entre las aves, un ~23 por ciento de las especies de las islas se encuentran amenazadas, comparadas con tan sólo un 11 por ciento de la población mundial de pájaros.

Vínculos socioeconómicos: Los arrecifes coralinos, los manglares y los pastos marinos son ecosistemas importantes en muchas islas pequeñas y constituyen una importante parte de la base de recursos económicos de muchos de estos países. Aunque el despejo de grandes áreas terrestres ha sido una característica de muchos pequeños estados insulares a lo largo de decenios, grandes áreas de algunas de ellas (aproximadamente la mitad de la tierra total de las Islas Salomón, Vanuatu, Dominica, y Fiji) todavía se encuentran cubiertas de bosques y zonas con árboles madereros. Los bosques tienen una gran importancia socioeconómica como fuentes de madera, leña y muchos otros productos no relacionados con la madera. La capacidad de las especies y de los ecosistemas como los manglares para modificar sus límites geográficos o desplazarse como respuesta al cambio climático se va a ver impedida por las prácticas en el uso de las tierras, que han fragmentado el hábitat existente.

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas vulnerables en los pequeños estados insulares

Entre los impactos previstos por el cambio climático se incluyen:

- Los arrecifes coralinos se van a ver afectados negativamente por la decoloración y por la reducción de los niveles de calcificación, que pueden llevar a la pérdida de muchas comunidades y especies asociadas con los arrecifes. En consecuencia, se prevé una pérdida de ingresos económicos provenientes de sectores claves como el turismo y la pesca.
- Los manglares, los pastos marinos y otros ecosistemas costeros así como la biodiversidad asociada con ellos, se podrían ver afectados adversamente con la subida de las temperaturas y con la aceleración en la elevación del nivel del mar.
- La intrusión de agua salada en los hábitats de agua dulce va a afectar a su biodiversidad.
- Los aumentos en la frecuencia o la velocidad de los vientos de los tifones/huracanes podría afectar negativamente a algunos hábitats.
- Las inundaciones de áreas boscosas bajas en las islas va a producir la pérdida de algunas especies endémicas de pájaros, ya que la mayoría de las especies de aves amenazadas se encuentran en hábitats boscosos. Es probable que los impactos del cambio climático sobre estas especies sean debidos a problemas fisiológicos directos y cambios/pérdidas en el hábitat causados por cambios en regímenes de alteraciones, tales como los incendios.
- La elevación del nivel del mar va a tener un serio impacto sobre la agrosilvicultura de los atolones y en los cultivos en fosas de taro (*Colocasia*), que es de gran importancia para muchas comunidades isleñas. Los cambios producidos por la erosión de la costa van a alterar a muchas poblaciones, y si se combinan sus impactos con la pérdida de agua dulce y el aumento de fuertes tormentas marinas van a ejercer más presión sobre las plantas de agua dulce y aumentar la vulnerabilidad frente a las sequías.

7. Impactos potenciales sobre la biodiversidad de las actividades llevadas a cabo para mitigar el cambio climático

La mitigación se define como una intervención antropogénica para reducir las fuentes o para mejorar los sumideros de los gases

de efecto invernadero. Las acciones que reducen las emisiones netas de gases de efecto invernadero reducen la magnitud y la velocidad prevista del cambio climático y, por lo tanto, disminuyen la presión sobre los sistemas naturales y humanos resultantes del cambio climático. Por esto, se proyecta que las acciones para la mitigación retrasen y reduzcan los daños

causados por el cambio climático a la vez que proporcionen beneficios ambientales y socioeconómicos (entre ellos algunos que protejan la biodiversidad). Algunas actividades tienen impactos positivos o negativos sobre la biodiversidad, independientemente de su efecto sobre el sistema climático. [SI RRP, SI P6 y P7, y Glosario del GTIII TIE]

En esta sección, nos ocupamos de las implicaciones de las actividades para la mitigación del cambio climático sobre la biodiversidad. Las más amplias implicaciones sociales y ambientales se tratan en la Sección 9. Estas actividades incluyen, entre otras: el secuestro de carbono y evitar las emisiones provenientes de actividades para el manejo de los suelos, incluidas aquellas descritas en los Artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo de Kioto; aumento de la eficiencia energética o la eficiencia en la generación de energía; aumento del uso de sistemas energéticos que producen poca cantidad de carbono o que no producen carbono, entre los que figuran la energía de la biomasa, la solar, la eólica y la hidrológica; y la recogida biológica en los océanos. El *Informe Especial del IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*, que se centró en los problemas relacionados con el uso de los suelos y el Protocolo de Kioto, constituyen fuentes primordiales de información para esta Sección. La contribución del Grupo de Trabajo III al *Tercer Informe de Evaluación* es una fuente esencial para el debate en torno a las actividades para la mitigación, pero contiene menos información sobre la biodiversidad.

Los bosques, los suelos agrícolas y los otros ecosistemas terrestres ofrecen un importante potencial para la mitigación, gracias a la creación de sumideros de carbono mediante cambios en el uso de los suelos (por ejemplo, la forestación y la reforestación), a las actividades para evitar la deforestación, en las tierras de cultivos y pastoreo, y en los bosques. El potencial mundial calculado respecto de las opciones para la mitigación biológica es de unos 100 Gt C (acumulativos) para el año 2050, lo que equivale a un 10–20 por ciento de las emisiones previstas provenientes de combustibles fósiles durante ese período, aunque existen importantes incertidumbres asociadas con este cálculo. Se prevé que el mayor potencial biológico se va a hallar en las regiones tropicales y subtropicales. [SI RRP, SI P6 y P7, y Glosario del GTIII TIE]

La producción de compensaciones por gases de efecto invernadero se debería situar en el contexto de los muchos bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas. La demanda humana de bienes y servicios ejerce presión sobre la biodiversidad. Las compensaciones por gases de efecto invernadero pueden competir o servir de complemento a otros usos del ecosistema y a la conservación de la biodiversidad. [GTIII TIE Capítulo 4 RE]

7.1. Impacto potencial sobre la biodiversidad de la forestación, la reforestación, y la deforestación evitada

Se prevé que el potencial mundial para la mitigación proveniente de actividades realizadas desde 1990, para la forestación, la reforestación y para reducir la deforestación sea de 60–87 Gt

C sobre 700 Mha en el período 1995–2050, con un 70 por ciento en bosques tropicales, el 25 por ciento en bosques templados, y un cinco por ciento en bosques boreales. [GTII SIE Sección 24.4.2.2 y GTII SIE Tabla 24–5]

Los proyectos para la forestación y la reforestación, y para reducir la deforestación que gozan de criterios de selección y manejo apropiados, así como la participación de comunidades locales pueden mejorar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad. Existen opciones de manejo para lograr sinergia entre el secuestro de carbono y la biodiversidad—por ejemplo, la incorporación de ciclos de rotación más largos, la modificación del tamaño de los árboles que se talan, la modificación de las longitudes de bordes, la creación de un mosaico multi-etéreo de árboles, la minimización del uso de sustancias químicas, la reducción o eliminación de medidas para eliminar la vegetación subyacente, y el empleo de siembras de especies mezcladas que incluyan especies autóctonas. [IEUTCS Sección 2.5.1.1.1]

Los proyectos para la forestación, la reforestación y para la reducción de la deforestación pueden tener consecuencias en otros campos, entre ellos el de la biodiversidad. Por ejemplo, la conservación de bosques que de otra manera hubieran sido deforestados para convertirlos en tierras agrícolas puede desplazar a los agricultores a tierras fuera de las fronteras del proyecto. A esto se le llama ‘fuga’. Los proyectos pueden también tener beneficios en otros campos, tales como la incorporación de nuevos enfoques para el manejo de los suelos fuera de las fronteras del proyecto, mediante la difusión de tecnologías o la reducción de la presión sobre bosques naturales y biológicamente diversos. [IEUTCS Sección 5.3.3]

7.1.1. Impactos potenciales sobre la biodiversidad debidos a la reducción de la deforestación

Además de los beneficios producidos por la mitigación del cambio climático, la reducción de la deforestación y/o de la degradación de los bosques podría aportar unos beneficios importantes a la biodiversidad. Los principales bosques tropicales contienen un 50–70 por ciento estimado de todas las especies terrestres. Los bosques tropicales experimentan ahora importantes niveles de deforestación (una media anual de 15 Mha durante el decenio de 1980, y la emisión anual de $1,6 \pm 1.0$ Gt C). La deforestación y degradación de bosques tropicales son importantes causantes de la pérdida mundial de biodiversidad. También reducen la disponibilidad de hábitats y ocasionan pérdida local de especies, poblaciones y diversidad genética. El potencial para la mitigación de los niveles decrecientes de deforestación tropical se calcula que sea aproximadamente de 11–21 Gt C durante el período 1995–2050 sobre 138 Mha. [GTIII TIE Sección 4.3.2, IEUTCS Secciones 1.4.1 y 2.5.1.1.1, y GTII SIE Sección 24.4.2.2]

Los proyectos para evitar la deforestación en bosques amenazados o vulnerables que contienen una diversidad biológica y son de importancia ecológica, puede ser de particular interés para la biodiversidad. Aunque la disminución de la

deforestación y/o de la degradación de los bosques ayudará a conservar la biodiversidad, los proyectos en bosques amenazados/vulnerables que cuentan con un número insólito de especies, especies mundialmente raras o únicas en esa región, pueden proporcionar los mayores beneficios para la biodiversidad. Los proyectos que protegen los bosques de la transformación o degradación de los suelos en cuencas hidrológicas claves tienen potencial para disminuir en gran medida la erosión de los suelos, proteger los recursos acuáticos y conservar la biodiversidad. Los proyectos diseñados sobre la base de compensaciones por carbono para fomentar un régimen de tala que tenga menos impacto sobre el medio ambiente, pueden producir beneficios auxiliares menores para la biodiversidad *in situ* que la protección de los bosques (es decir, la no explotación forestal), pero pueden proporcionar mayores beneficios a los propietarios locales y ser una opción más viable, sobre todo en zonas donde las comunidades dependen en gran medida de los bosques para sus formas de vida. La protección de la mayoría de los ecosistemas amenazados no proporciona siempre los mayores beneficios relacionados con el carbono. En Brasil, por ejemplo, las zonas menos protegidas y los tipos de bosques más amenazados se encuentran a lo largo de la frontera sur del Amazonas, donde el establecimiento de reservas es relativamente caro y los bosques contienen menos biomasa (carbono) que en la parte central del Amazonas. La protección de los bosques también puede tener efectos sociales negativos, entre ellos el desplazamiento de poblaciones locales, la reducción de ingresos económicos, y la reducción del flujo de productos provenientes de los bosques. Los conflictos entre la protección de los sistemas naturales y demás funciones se pueden minimizar con el uso apropiado de los suelos para la región, el manejo apropiado del área, y el empleo de las evaluaciones ambientales y sociales. [IEUTCS Secciones 2.5.1.1.1 y 5.5.1, y GTIII TIE Sección 4.4]

Los proyectos piloto diseñados para evitar las emisiones a fuerza de la reducción de la deforestación y la degradación de los bosques han producido importantes beneficios ambientales y socioeconómicos auxiliares, entre los que figuran la conservación de la biodiversidad, la protección de las cuencas hidrológicas, el mejoramiento del manejo de los bosques, el desarrollo de las capacidades locales y el empleo en empresas locales. Algunos ejemplos de proyectos de deforestación evitada que han producido beneficios auxiliares para la biodiversidad se pueden encontrar en el Recuadro 5.1 y la Tabla 5.2 del *Informe Especial del IPCC: Informe Especial: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* (por ejemplo, el proyecto para la conservación y gestión del Río Bravo en Belice). [IEUTCS Sección 5.5.1 e IEUTCS Recuadro 5–1]

7.1.2. Impactos potenciales sobre la biodiversidad debidos a la forestación y la reforestación

En el contexto del Artículo 3.3 del Protocolo de Kioto, los términos forestación y reforestación indican la conversión de la tierra de otros usos a bosques. La forestación se define como la transformación antropogénica directa de tierra que no ha sido bosque durante un periodo de, al menos, 50 años, para transformarla

en bosques mediante la plantación de árboles o semillas y/o la creación por parte de los hombres de fuentes naturales de semillas. La reforestación se define como la transformación antropogénica de tierra que no es bosque, convirtiéndola en terrenos boscosos mediante la plantación de árboles o semillas y/o la creación por parte de los hombres de fuentes naturales de semillas sobre terreno que fue bosque pero que se reconvirtió en zona no boscosa. Durante el primer periodo de compromiso, de acuerdo con el Protocolo de Kioto (2008–2012), las actividades de reforestación se van a limitar a la reforestación en suelos que no contenían bosques el 31 de diciembre de 1989.

Los proyectos de forestación y reforestación pueden tener impactos positivos, neutros, o negativos sobre la biodiversidad, dependiendo del nivel de biodiversidad del ecosistema no forestal que se sustituye, la escala que se considere (por ejemplo, grupos de árboles frente al paisaje en general) y otros problemas de diseño e implementación (por ejemplo, las especies autóctonas frente a las no autóctonas, o las especies únicas frente a las múltiples). Las actividades para forestación y reforestación que sustituyen ecosistemas autóctonos no forestales (por ejemplo, los pastizales autóctonos con una gran riqueza de especies) con especies no autóctonas, con una única especie o pocas especies de cualquier origen, reducen la biodiversidad en ese lugar. El impacto en la biodiversidad a escala local y regional puede ser negativo o positivo, dependiendo del contexto, diseño, e implementación. La forestación y la reforestación pueden resultar neutras, o pueden aumentar o beneficiar a la biodiversidad cuando sustituyen un uso de las tierras que se encuentra degradada en lo que se refiere a su biodiversidad o cuando fomentan el retorno, supervivencia y expansión de poblaciones autóctonas de plantas y animales. Cuando la forestación o la reforestación se realiza para restaurar tierras degradadas, es también probable que estas acciones tengan otros beneficios ambientales, tales como la reducción de la erosión, el control de la salinización y la protección de las cuencas hidrológicas. [IEUTCS Secciones 2.5.1, 2.5.2.2, 3.5, 3.6.1, y 4.7.2.4]

La forestación que tiene como resultado un uso de las aguas mayor que el que utiliza la vegetación ya existente puede causar una importante reducción de las corrientes de agua que podría resultar en un impacto negativo sobre la biodiversidad de las corrientes, de las áreas ribereñas, de los humedales y de los cauces de avenidas. Por ejemplo, el agua recogida en las cuencas hidrológicas de Sudáfrica se redujo en gran medida cuando se plantaron pinos y eucaliptos. [GTIII TIE Sección 4.4.1 e IEUTCS Sección 4.7.2.4]

Aunque las plantaciones tienen normalmente una menor biodiversidad que los bosques naturales, pueden reducir la presión sobre éstos al servir como fuente de productos forestales, dejando grandes áreas para la biodiversidad y para otros servicios ambientales. Las plantaciones pueden afectar negativamente a la biodiversidad *in situ* si sustituyen a pastizales, humedales o hábitats de matorros autóctonos, pero las plantaciones de especies autóctonas o no autóctonas se pueden diseñar para mejorar la biodiversidad, fomentando la protección de los bosques naturales. Por ejemplo, en la provincia de Mpumalanga, en Sudáfrica, la

expansión de las plantaciones comerciales (de *Eucalyptus* sp. y de pinos) ha producido una importante reducción en los pastizales de varias especies de aves endémicas y amenazadas, así como la supresión de flora en los suelos. De forma general, es probable que las plantaciones de algunas pocas especies, especialmente si no son autóctonas, tengan una fauna y flora más limitadas que los bosques autóctonos. Las plantaciones con una mayor variedad de especies bien distanciadas (y sujetas a una gestión sostenible) establecidas en sitios con una pobre biodiversidad, pueden mejorar la biodiversidad. Además, los estudios también muestran que incluso plantaciones de árboles de especies únicas en los trópicos/subtrópicos (por ejemplo, el *Eucalyptus grandis*), si se distribuyen de manera apropiada, pueden permitir el establecimiento de especies autóctonas diversas en las capas bajas, proporcionando sombra y modificando los microclimas. [GTIII TIE Sección 4.4.1 e IEUTCS Secciones 2.5.1.1.1, 4.7.2.4, y 5.5.2]

7.2. Impactos potenciales sobre la biodiversidad del manejo de suelos para propósitos de mitigación climática

Las acciones de manejo de suelos para compensar las emisiones de gases de efecto invernadero pueden tener un impacto sobre la calidad ambiental general—la calidad y la erosión de los suelos, la calidad del agua y del aire, y el habitat natural—lo que, a su vez, supone impactos sobre la biodiversidad terrestre y acuática.

7.2.1. Impactos potenciales de la agrosilvicultura

Las actividades para agrosilvicultura pueden secuestrar carbono y tener efectos beneficiosos sobre la biodiversidad.

La agrosilvicultura (la combinación de árboles con cosechas agrícolas para formar sistemas de producción complejos con una variedad de especies) puede aumentar el almacenaje de carbono en suelos donde sustituye las áreas que cuentan únicamente con cosechas anuales o presentan suelos degradadas. Los beneficios auxiliares de las actividades de agrosilvicultura incluyen el aumento de la seguridad en los alimentos, aumento de los ingresos de los agricultores, disminución de la erosión de los suelos, y la restauración y mantenimiento de la biodiversidad en capas por encima y por debajo de los suelos. Cuando la agrosilvicultura reemplaza los bosques autóctonos, la biodiversidad se pierde normalmente; sin embargo, la agrosilvicultura se puede utilizar para mejorar la biodiversidad de sitios degradados, que son, a menudo, resultado de una deforestación anterior. Los sistemas de agrosilvicultura tienden a ser más diversos biológicamente que los terrenos para cultivos convencionales, las praderas degradadas, los pastizales, y las primeras etapas de los barbechos secundarios en bosques. Por lo tanto, el reto es evitar la deforestación siempre que sea posible y, cuando no se pueda evitar, utilizar el conocimiento local y las especies autóctonas para crear un habitat para la agrosilvicultura con múltiples valores tanto para los agricultores como para la flora y fauna locales. [IEUTCS Hoja Informativa 4.10]

7.2.2. Impactos potenciales del manejo forestal

Las actividades para el manejo forestal que se puedan utilizar para secuestrar carbono en la biomasa por encima y por debajo

del suelo, y el carbono orgánico de los suelos, pueden también tener efectos positivos o negativos sobre la biodiversidad. Entre los ejemplos de estas actividades se incluye la regeneración asistida, la fertilización, el manejo de incendios, el manejo de plagas, los planes para cosechas y las cosechas con poco impacto (ver Recuadro 13). [IEUTCS Tabla 4.1]

7.2.3. Impactos potenciales de las actividades para mitigación en el sector agrícola

Las actividades y proyectos en el sector agrícola para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar el secuestro de carbono, pueden fomentar la agricultura sostenible, el desarrollo rural y mejorar o disminuir la biodiversidad.

Hay un gran número de actividades para el manejo agrícola que se puede emplear para secuestrar el carbono en los suelos (la intensificación, la irrigación, la labranza ecológica, el control de la erosión, y el manejo de los arrozales; ver Recuadro 14). Todos pueden tener efectos positivos o negativos sobre la biodiversidad, dependiendo de las prácticas y del contexto en el que se apliquen. Estas actividades incluyen la incorporación de enfoques participativos centrados en los agricultores y una cuidadosa consideración de los conocimientos y las tecnologías autóctonas o locales, el fomento de la rotación de cultivos, el empleo de materias orgánicas en sistemas agrarios con pocos recursos y el uso de la agrobiodiversidad (valiéndose, por ejemplo, de variedades de cultivos adaptadas a las condiciones locales y de la diversificación de cultivos). Las prácticas agrícolas que mejoran y conservan el carbono orgánico del suelo también puede producir o disminuir las emisiones de CH₄ y de N₂O. [IEUTCS Secciones 2.5.1.1 y 2.5.2.4.2, IEUTCS Tabla 4-1, e IEUTCS Hojas Informativas 4.1-4.5]

7.2.4. Impactos potenciales del manejo de pastizales y de tierras de pastoreo

Actividades y proyectos en los pastizales pueden aumentar el secuestro de carbono y pueden mejorar o disminuir la biodiversidad.

Las actividades para la gestión de pastizales que se pueden utilizar para secuestrar el carbono en los suelos incluyen la gestión de los pastizales, los pastizales protegidos y la retirada de tierras, el incremento de la productividad de los pastizales, y el manejo de incendios (ver Recuadro 15). La mayoría de estas actividades promueven la biodiversidad; algunas, como la fertilización, pueden hacer disminuir la biodiversidad. [IEUTCS Tabla 4-1]

7.3. Impactos potenciales sobre la biodiversidad de tecnologías para cambio energético

Las opciones para mitigación en el sector de la energía que pueden crear un impacto sobre la biodiversidad incluyen el aumento del uso eficiente de la leña y del carbón como fuentes de energía; las fuentes renovables de energía tales como la energía de la biomasa; la energía solar, eólica e hidráulica; y la inyección de CO₂ en reservas subterráneas y en la profundidad del océano. El aumento de la eficiencia en la generación o empleo de energía basada en combustibles fósiles va a reducir el uso de

Recuadro 13. Actividades para el manejo forestal

La regeneración mejorada es el acto de renovación de la cubierta de árboles mediante el establecimiento de árboles jóvenes por medios naturales o artificiales—generalmente antes, durante o justo después de que los árboles del lugar hayan sido talados. La regeneración de los bosques incluye prácticas tales como cambios en la densidad de los árboles mediante regeneración natural asistida por el hombre, siembra enriquecedora, la reducción del pasto de animales en sabanas forestadas, y los cambios en la genética, procedencia o en las especies, de árboles. Las técnicas de regeneración pueden influir sobre la composición de las especies, la cantidad de árboles que aún permanecen, y su densidad, y pueden incrementar o disminuir la biodiversidad. [IEUTCS Hoja Informativa 4.12]

La fertilización, que consiste en la incorporación de nutrientes para incrementar las tasas de crecimiento o para superar una deficiencia de nutrientes en los suelos, es improbable que tenga como resultado beneficios ambientales positivos si no se realiza de manera óptima. En algunos casos puede tener graves impactos ambientales negativos (por ejemplo, aumento de las emisiones de óxido nitroso (N_2O) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) al aire, a los suelos y a las aguas, y cambios en los procesos de los suelos). [IEUTCS Hoja Informativa 4.13]

El manejo de incendios en los bosques—que se utiliza para regular el reciclado de biomasa forestal después de incendios, mantener sanos los ecosistemas forestales, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero—tiene impactos ambientales difíciles de generalizar porque, en algunos ecosistemas, los incendios son parte esencial en los ciclos de sucesión. El restablecimiento de regímenes de incendios a formas casi históricas puede ser un elemento importante en la silvicultura sostenible, pero también requiere prácticas como el acceso (construcción de carreteras) que pueden producir efectos ambientales negativos. [IEUTCS Hoja Informativa 4.14]

El manejo de plagas es la aplicación de estrategias para mantener una plaga dentro de los niveles de tolerancia. Cuando se utilizan biocidas para controlar las plagas, esta actividad puede producir una reducción de la biodiversidad. Por otra parte, cuando el manejo de plagas previene la desaparición a gran escala de los bosques, puede mejorar el paisaje, las actividades recreativas y las cuencas hidrológicas así como aportar otros beneficios. [IEUTCS Hoja Informativa 4.15]

La cantidad y época de las cosechas, incluyendo talas periódicas, comerciales o precomerciales, la tala selectiva, y el talado general, afectarán a la calidad y cantidad de la madera producida y tienen implicaciones para el almacenamiento de carbono y la biodiversidad. Los calendarios de cosechas pueden tener impactos negativos o positivos sobre la biodiversidad, las actividades recreativas y la gestión de los paisajes. [IEUTCS Hoja Informativa 4.16]

La cosecha con impacto reducido minimiza las alteraciones de los suelos y los daños en la vegetación restante y, en muchos de los casos, tendrá efectos ambientales positivos sobre la biodiversidad, las actividades recreativas y la gestión de los paisajes. [IEUTCS Hoja Informativa 4.17]

éstos, reduciendo de esta manera los impactos sobre la biodiversidad producidos por la minería, la extracción, el transporte, y la combustión de combustibles fósiles.

7.3.1. Estufas de madera eficientes y biogás para cocinar y su impacto potencial sobre la biodiversidad

Las medidas para la conservación de leña, tales como el uso de estufas eficientes y el biogás, tienen potencial para reducir la presión sobre los bosques y, por lo tanto, conservar la biodiversidad. La leña es, en muchas regiones, la principal biomasa extraída de los bosques, lo que tiene importantes implicaciones para la biodiversidad. La leña se emplea principalmente en actividades relacionadas con la subsistencia, por ejemplo, para cocinar, y puede reducirse en gran medida con el mejoramiento de las estufas que queman leña y en las tecnologías para producir el carbón de forma más eficiente. La madera también se utiliza para producir carbón para aplicaciones industriales (por ejemplo en Brasil). Se estima que el consumo de la leña y del carbón en

los países tropicales aumente desde 1,3 mil millones de m^3 ($0,33 \text{ Gt C año}^{-1}$) en 1991 a 3,4 mil millones de m^3 ($0,85 \text{ Gt C año}^{-1}$) en el año 2050. El biogás, derivado de la descomposición anaeróbica de residuos de cosechas y del estiércol animal, puede ser un sustituto potencial de la leña a nivel doméstico o comunitario. Por lo tanto, debido al incremento de su eficiencia (mejores estufas y biogás), las actividades para mitigación centradas en la reducción del uso de leña para cocinar y para calefacción pueden reducir, en gran medida, las presiones sobre los bosques y contribuir de esta forma a la conservación de la biodiversidad. [GTIII TIE Sección 3.8.4.3.2 y GTII SIE Secciones 15.3.3 y 22.4.1.4]

7.3.2. Impactos potenciales del uso creciente de la energía de biomasa

Los beneficios potenciales, tanto socioeconómicos como para mitigación, de las tecnologías modernas relacionadas con la bioenergía son muy importantes, pero sin la apropiada selección del lugar y de las prácticas para su manejo, la biodiversidad

Recuadro 14. Actividades para la gestión agrícola

Las prácticas agrícolas de intensificación que mejoran la producción y la aportación al suelo de residuos derivados de las plantas, incluyen la rotación de cultivos, la reducción de barbechos, el uso de cultivos para la protección de los suelos, las variedades de gran rendimiento, el manejo integrado de plagas, una fertilización adecuada, los suplementos orgánicos, los riegos, el manejo del nivel freático, y el manejo in situ. Todos ellos tienen numerosos beneficios auxiliares, entre ellos un aumento de la producción de alimentos, el control de la erosión, la conservación de las aguas, el mejoramiento de la calidad de las aguas, y una reducción de la acumulación de sedimentos en estanques y vías fluviales, lo que beneficia a la pesca y a la biodiversidad. Sin embargo, la calidad de los suelos y del agua se encuentra afectada negativamente por el empleo indiscriminado de sustancias químicas y de riegos. El aumento en el empleo de fertilizantes con nitrógeno incrementa el uso de energía basada en combustibles fósiles y puede que incremente las emisiones de N_2O . [IEUTCS Hoja Informativa 4.1]

Los riegos, que se utilizan de forma general en muchas partes del mundo donde las lluvias estacionales son muy variables, pueden mejorar la producción de biomasa en sistemas agrícolas con agua limitada, pero aumentan el riesgo de salinización y, a menudo, desvían las aguas de los ríos y de las corrientes que ocurren tras inundaciones, con grandes impactos sobre la biodiversidad de los ríos y de las llanuras inundables. [IEUTCS Hoja Informativa 4.2]

La labranza ecológica incluye una amplia variedad de prácticas de labranza, entre ellas el arado de cincel con rejas, la labranza de cabellones, la labranza de franjas, la labranza con mantillo, y el empleo de la no-labranza para conservar el carbono del suelo orgánico. La incorporación de la labranza ecológica tiene numerosos beneficios auxiliares, entre los que figuran el control de la erosión hidrológica y eólica, la conservación de las aguas, el aumento de la capacidad para retención de las aguas, la reducción de la compactación, el aumento de la capacidad de recuperación de suelos ante sustancias químicas, un aumento de la calidad del suelo y del aire, el mejoramiento de la biodiversidad de los suelos, la reducción del uso de la energía, un mejoramiento de la calidad del agua, y la reducción de la acumulación de sedimentos en estanques y vías fluviales, con los consiguientes beneficios asociados para los bancos de peces y para la biodiversidad. En algunas áreas (por ejemplo, en Australia), un aumento de la filtración por la mayor retención de las aguas, junto con la labranza ecológica, podría producir la salinización de las pendientes inferiores. [IEUTCS Hoja Informativa 4.3]

Prácticas para el control de la erosión—que incluyen estructuras para la conservación de las aguas, los surcos vegetativos utilizados como surcos de filtro para el manejo de zonas ribereñas, y los cinturones de protección para el control de la erosión eólica—pueden reducir la cantidad mundial del carbono en suelos orgánicos desplazado por la erosión de los suelos, que se calcula en $0,5 \text{ Gt C año}^{-1}$. Existen numerosos beneficios auxiliares e impactos asociados, incluido un aumento de la productividad, un mejoramiento en la calidad del agua, la reducción del uso de fertilizantes (especialmente nitratos), una disminución de la acumulación de sedimentos en las vías fluviales, una reducción en las emisiones de CH_4 , reducciones asociadas de los riesgos de inundaciones, y un aumento de la biodiversidad en sistemas acuáticos, cinturones de protección, y zonas ribereñas. [IEUTCS Hoja Informativa 4.4]

Estrategias para el manejo de arrozales—que incluyen el riego, la fertilización, y el manejo de residuos de los cultivos—afectan a las emisiones de CH_4 y a las existencias de carbono. Existe información limitada en cuanto a los impactos sobre la biodiversidad, de las actividades de manejo de arrozales para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. [IEUTCS Hoja Informativa 4.5]

se podría ver amenazada. La energía de la biomasa proveniente de plantaciones y el uso de residuos y talas selectivas de bosques existentes podrían reducir las emisiones de CO_2 , desplazando con ello el empleo de combustibles fósiles. Los impactos ambientales positivos pueden incluir una reducción de las emisiones de contaminantes en la atmósfera, la recuperación de los suelos degradados, y una potencial reducción de las presiones sobre los bosques hasta el punto que la leña extraída de estas fuentes se podría sustituir por otras fuentes de energía. Sin embargo, existe cierta preocupación sobre los efectos ambientales y socioeconómicos a corto y largo plazo de la producción de biocombustibles a gran escala, incluida la degradación de la calidad de los suelos y del agua, la pobre capacidad de recuperación de plantaciones de monocultivos, y las implicaciones de los biocombustibles para la biodiversidad, la sostenibilidad y los

servicios. Las plantaciones de bioenergía a gran escala, que generan gran rendimiento con sistemas de producción similares a la agricultura intensiva, podrían tener efectos adversos sobre la biodiversidad cuando éstas sustituyan a sistemas con gran diversidad biológica. Sin embargo, las plantaciones a pequeña escala sobre suelos degradados o sitios agrícolas abandonados podrían tener beneficios ambientales. Las plantaciones con un pequeño número de especies logran normalmente los mayores rendimientos y la mejor eficiencia en el manejo y en las cosechas, pero el buen diseño de las plantaciones podría incluir suelos retirados para flora y fauna autóctonas y zonas con diferentes clones y/o especies. Una opción es la producción de biocombustibles como parte integral del manejo de bosques para producción de maderas y madera de pulpa. Los residuos de las cosechas de diferentes etapas de estas operaciones, tales como la tala

Recuadro 15. Actividades para el manejo de tierras de pastoreo

El manejo de tierras de pastoreo es el manejo de la intensidad, frecuencia y estacionalidad de los pastos y de la distribución de los animales. Ya que el pastoreo excesivo es la causa más importante de la degradación de los pastizales, el mejoramiento del manejo de las tierras de pastoreo puede incrementar los yacimientos de carbono, reducir la erosión del suelo y disminuir las emisiones de CH_4 , gracias a la reducción del número de animales y el mejoramiento de las nuevas entradas. En algunos pastizales, el pastoreo puede dar como resultado cambios en la composición de las especies, favoreciendo la de grandes raíces y aumentando el almacenamiento de carbono en las capas de la superficie del suelo. Cuando estas especies ya resultan las dominantes, el pastoreo excesivo puede reducir los niveles de carbono en los suelos. El pastoreo excesivo puede aumentar las oportunidades para el establecimiento de matorrales incomedibles, lo que produce un aumento del carbono de la biomasa, pero reduce la utilidad de los suelos para pastoreo. [IEUTCS Hoja Informativa 4.6]

Los pastizales protegidos y los suelos retirados como resultado la rotación de cosechas o de la transformación de suelos degradados en pastizales perennes, pueden aumentar la biomasa por encima y por debajo del suelo. Los impactos asociados pueden incluir una reducción en la producción de los cultivos, un aumento de la producción animal si la tierra se dedica al pastoreo, un aumento de la biodiversidad de ecosistemas con pastos autóctonos si éstos se restablecen, un aumento del hábitat de la fauna, la reducción de la erosión, etc. [IEUTCS Hoja Informativa 4.7]

El mejoramiento de la productividad de los pastizales incluye la introducción de leguminosas que fijan nitrógeno y de pastos de gran productividad y/o la incorporación de fertilizantes. Esto produce un aumento en la producción de biomasa y de carbono en los yacimientos de los suelos. Ello presenta un potencial particular en las áreas del trópico y zonas áridas, que tienen a menudo una cantidad limitada de nitrógeno y de otros nutrientes. Es probable que se produzca un aumento de la productividad agrícola, pero también es posible una pérdida de biodiversidad en ecosistemas de pastizales autóctonos. Es probable que un aumento de leguminosas aumente los niveles de acidificación en pastizales tropicales y de clima templado, mediante un aumento de la filtración de nitratos y un incremento de la productividad, y puede producir más emisiones de N_2O que en los pastizales de pastos autóctonos. La optimización de los niveles de aplicación de fertilizantes puede reducir estos riesgos, además de reducir los impactos de la pérdida de nutrientes y la contaminación de vías fluviales y de aguas subterráneas. [IEUTCS Hoja Informativa 4.8]

El manejo de incendios en pastizales se refiere a los cambios de los regímenes de incendios para alterar los yacimientos de carbono en el paisaje. La reducción en la frecuencia de incendios o su prevención tiende a incrementar la biomasa media del suelo y los niveles de carbono en los residuos, y aumentar la densidad de especies madereras en muchos terrenos. En diversos ecosistemas, algunas especies de fauna y de flora dependen de los incendios, por lo que la reducción de los éstos mediante prácticas para el manejo de incendios puede dar como resultado la extinción o disminución de especies locales. [IEUTCS Hoja Informativa 4.9]

selectiva y la tala definitiva, desempeñan una función de gran importancia en la producción de biocombustibles. El impacto sobre la biodiversidad depende de cómo se realice el manejo de estas prácticas. La variedad de especies en las plantaciones de biocombustibles se encuentra entre la de los bosques naturales y la de los cultivos anuales en surcos. Los estudios sobre plantaciones de especies múltiples y estrategias de manejo, y una debida planificación del uso de los suelos para proteger las reservas, los espacios forestales naturales y los corredores para la migración, pueden ayudarnos a enfrentar los problemas relacionados con la biodiversidad. También se pueden enfrentar los problemas relacionados con el suministro de los alimentos y el acceso a las tierras para las comunidades locales a través de las plantaciones a escala comunitaria. Estas plantaciones podrían utilizar tecnologías de conversión a pequeña escala, satisfacer las necesidades locales de leña y maderas, y proporcionar empleo, electricidad y combustible líquido a zonas rurales. Entre las barreras a los sistemas de biocombustibles a escala comunitaria se incluyen la falta de capital humano e institucional para asegurar que los proyectos de biocombustibles satisfagan las necesidades locales en vez de las prioridades

requeridas por los créditos de los inversionistas extranjeros. Los impactos in situ de la energía de biomasa incluyen los beneficios locales ambientales y socioeconómicos de los componentes forestales y de generación de energía de un proyecto bioenergético. [GTIII TIE Sección 4.3.2.1, GTIII TIE Tabla 3.31, IEUTCS Secciones 4.5.3, 4.5.5, y 5.5.3, y GTII SIE Sección 25.5]

7.3.3. Impactos potenciales de la energía hidráulica

El desarrollo de la energía hidráulica a gran escala puede tener importantes costos ambientales y sociales: pérdida de biodiversidad y de suelos, generación de CH_4 a partir de vegetación inundada, y el desplazamiento de comunidades locales. La energía hidráulica podría contribuir en gran medida a la reducción de la intensidad de los gases de efecto invernadero en la producción de energía. En estos momentos, un ~19 por ciento de la electricidad del mundo se extrae de la energía hidráulica. Mientras que una gran proporción del potencial para la energía hidráulica en Europa y América del Norte ya se explota, sólo se está aprovechando una pequeña parte del gran

potencial que se encuentra en los países en desarrollo. Las emisiones de gases de efecto invernadero de la mayoría de los proyectos de energía hidráulica son relativamente bajas, con la importante excepción de los grandes lagos de poca profundidad en áreas tropicales que cuentan con abundante vegetación, donde las emisiones provenientes de la putrefacción de las plantas puede que sean importantes. La evaluación de las implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de la energía hidráulica en cada caso particular puede minimizar los efectos no deseados. Por ejemplo, las reservas de los diques pueden producir una pérdida de terreno, lo que podría tener como resultado una pérdida de la biodiversidad terrestre local, y los diques pueden impedir la migración de los peces (una etapa esencial del ciclo de vida de algunas especies de peces) y detener el flujo del agua, además de reducir la biodiversidad acuática y terrestre como resultado de cambios en flujo, capacidad para producir inundaciones, contenido de sedimentos y oxígeno del agua. Las alteraciones en ecosistemas acuáticos en zonas tropicales pueden tener efectos ambientales indirectos: por ejemplo, aumento de sustancias patógenas y sus receptores intermedios que puede producir un aumento de enfermedades en los humanos tales como la malaria, la Schistosomiasis, la Filariasis, y la fiebre amarilla. Las instalaciones bien diseñadas (por ejemplo, las que utilizan tecnologías modernas que vierten el agua a través de una serie de diques y plantas de energía) pueden reducir los efectos ambientales adversos del sistema. Los planes hidroeléctricos a pequeña y muy pequeña escala tienen normalmente un reducido impacto ambiental. [GTIII TIE Sección 3.8.4.3.1 y GTII SIE Sección 19.2.5.1]

7.3.4. Impactos potenciales de la energía eólica

La energía eólica tiene un potencial para mitigación y, si se sitúa en el lugar apropiado, puede tener un impacto limitado en la fauna. La aceptabilidad pública de la energía eólica se ve influida por el ruido, el impacto visual sobre el paisaje, y las alteraciones en la fauna (en las aves). Las pruebas limitadas sobre el impacto de las turbinas sobre la fauna sugieren que estos efectos son generalmente bajos y dependen de las especies; sin embargo, puede que sea necesario un análisis caso por caso. [GTII SIE Sección 19.2.5.3]

7.3.5. Impactos potenciales de la energía solar

El uso de los suelos, el consumo de agua, la compatibilidad con las especies en los desiertos, y los puntos de vista estéticos son las principales consideraciones ambientales para las tecnologías termoeléctricas solares. Ya que las mayores plantas de producción de energía estarían situadas en los desiertos, el consumo de agua es probablemente la consideración ambiental más importante. [GTII SIE Sección 19.2.5.4.2]

7.3.6. Impactos potenciales del almacenaje de carbono

Ya se encuentra disponible la tecnología para capturar el CO₂ proveniente de salidas de humos o de gases combustibles, y este CO₂ se puede almacenar en pozos agotados de gas y aceite, acuíferos salinos o en las profundidades de los océanos. Los

principales problemas ambientales asociados con los acuíferos salinos incluyen la fuga de CO₂, la disolución de las rocas receptoras, la esterilización de recursos minerales, y los efectos sobre las aguas subterráneas. No hay mucha información sobre los efectos ambientales del almacenaje de CO₂ en los océanos (por ejemplo, los impactos sobre la vida marina). Estudios preliminares indican que los problemas ambientales se podrían limitar a los producidos en la zona de emisión. [GTIII TIE Sección 3.8.4.4 y GTII SIE Sección 19.2.3.3]

7.4. Impactos potenciales de la mejora de la recogida biológica de carbono en los océanos

Los ecosistemas marinos pueden ofrecer oportunidades de mitigación para la eliminación de CO₂ atmosférico, pero no se conoce bien su potencial y las implicaciones para la biodiversidad. La incorporación experimental de hierro en regiones oceánicas con muchos nutrientes pero pobres en hierro (por ejemplo, el Océano Austral) produjo un aumento de brotes de fitoplancton y de la recogida de CO₂ por parte de las aguas de la superficie durante una semana aproximadamente. Las consecuencias de una mayor aportación de hierro durante periodos más prolongados todavía son poco conocidas. Las preocupaciones asociadas con estas acciones están relacionadas con los impactos diferenciales sobre las diferentes especies de algas, el impacto sobre las concentraciones de sulfuro de dimetilo en las aguas de superficie, y el potencial para la creación de regiones anóxicas en los fondos. Todos estos factores podrían, probablemente, afectar de forma negativa a la diversidad biológica. [GTIII TIE Sección 4.7]

8. Actividades para la adaptación y biodiversidad

El cambio climático está ocurriendo, y se ha observado que afecta a los ecosistemas y a su biodiversidad. Esto significa que las opciones para mitigación (ver Sección 7) por sí solas no son adecuadas para evitar los impactos del cambio climático. Por lo tanto, las actividades para la adaptación (proyectos y políticas) diseñadas específicamente para reducir el impacto del cambio climático tienen que ser consideradas junto con las opciones para mitigación. Las opciones para la adaptación se pueden aplicar a los ecosistemas gestionados de manera intensiva y a los gestionados de forma no intensiva. Las actividades para la adaptación pueden tener impactos adversos o beneficiosos sobre la biodiversidad.

Independientemente del cambio climático, planes para la conservación y uso sostenible de los ecosistemas (incluidos los de las zonas fuera de las reservas formales) y la biodiversidad, se implementan en muchas partes del mundo. Estos planes pudieran no tener en cuenta el cambio climático actual y el previsto y podrían necesitar hacerlo.

También es posible que las acciones actuales para conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los ecosistemas afecten a la velocidad y magnitud del cambio climático previsto.

8.1. Opciones potenciales de adaptación para reducir los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad

Muchas de las actividades para la adaptación que se incluyen en los informes del IPCC son muy genéricas, tal y como se refleja en esta sección. Desafortunadamente, los impactos de las opciones para la adaptación que figuran en estos informes raramente se toman en cuenta. Existen opciones limitadas para la adaptación en algunos ecosistemas (por ejemplo, los arrecifes coralinos y áreas en altas latitudes/altas altitudes) debido a su sensibilidad y/o exposición al cambio climático. Para algunos de estos sistemas (entre ellos los arrecifes coralinos), las opciones para la adaptación pueden incluir la limitación de otras presiones (por ejemplo, la contaminación o la escorrentía de sedimentos). La conservación de la biodiversidad está muy enfocada a las áreas protegidas. Así y todo, las opciones para la adaptación también pueden ser eficaces fuera de estas áreas. Los sistemas apropiados de vigilancia ayudarán para detectar las tendencias potenciales de estos cambios en la biodiversidad y a la gestión de planes para la adaptación. [GTII TIE Sección 14.2.1.5]

Para la planificación de la conservación, podría resultar necesario comprender la dificultad para que ciertos genotipos, especies y ecosistemas, se mantengan en una región o área determinada tras los impactos del cambio climático. Por ello, se deben concentrar los esfuerzos en el incremento de la capacidad de recuperación de la biodiversidad ante el futuro cambio climático, incluidos:

- **Redes de reservas con corredores conectados que proporcionan rutas de dispersión y migración para las plantas y los animales.** Cuando se decide el emplazamiento y el manejo de estas reservas (incluidas las reservas marinas y costeras) y las zonas protegidas, se debe tener en cuenta el cambio climático potencial si se desea que el sistema de reservas continúe ofreciendo todo su potencial. Entre las opciones se incluyen los corredores, o matrices de hábitats, que vinculan reservas y paisajes fragmentados en estos momentos, proporcionándoles potencial para la migración. [GTII TIE Sección 5.4.4]
- **Existen otras opciones de diseño para aumentar la capacidad de recuperación de las reservas naturales.** Entre éstas se incluye el mantenimiento de la vegetación natural intacta a lo largo de los gradientes ambientales (por ejemplo, los gradientes de latitud y de altitud, y de la humedad del suelo), proporcionando zonas de amortiguación alrededor de las reservas, minimizando la fragmentación del hábitat y la construcción de carreteras, y conservando la diversidad genética dentro y entre las poblaciones de especies autóctonas. La protección de los principales emplazamientos de biodiversidad podría frenar a una gran parte de las muchas extinciones que aún ocurren y/o que se prevén, pero dicha protección se podría ver amenazada por el cambio climático. Los ecotonos sirven como regiones de depósito para la diversidad genética. La conservación adicional de la biodiversidad en estas regiones es, por lo tanto, una medida para la adaptación. [GTII TIE Sección 19.3]

- **La cría en cautiverio de los animales, la conservación ex situ de las plantas, y los programas de translocación se pueden utilizar para aumentar o restablecer algunas especies amenazadas o sensibles.** La cría en cautiverio y la translocación, cuando se combinan con la restauración del hábitat, pueden resultar muy útiles para la prevención de la extinción de un pequeño número de taxones clave seleccionados en condiciones de cambio climático pequeño o moderado. La cría en cautiverio para la reintroducción y translocación es probable que tenga menos éxito si el cambio climático es más severo, ya que dicho cambio podría producir modificaciones a gran escala de las condiciones ambientales, incluidas la pérdida o alteraciones importantes de hábitats existentes en parte o en toda la zona ocupada por una especie determinada. Además, es técnicamente difícil, y a menudo muy caro e improbable que tenga éxito cuando se desconoce la biología y comportamiento básico de dichas especies. [GTII TIE Sección 5.4.4]
- **Se puede sustituir cierto grado de control natural de las plagas, la polinización, y los servicios de dispersión de semillas proporcionados por la fauna, pero las alternativas pueden ser muy caras.** Existen muchos ejemplos de especies introducidas que proporcionan servicios al ecosistema, tales como la estabilización de los suelos, la polinización, o el control de las plagas. La pérdida de las especies naturales para control biológico se podría compensar con el empleo de pesticidas y herbicidas. La sustitución de estos servicios puede ser a veces técnicamente posible, pero puede resultar muy caro y producir otros problemas. Por ejemplo, la introducción de un polinizador o de un control para plagas puede producir otra plaga, y el uso de pesticidas puede contaminar los suelos y el agua. En otros casos, como en el ciclo biogeoquímico, estos servicios pueden ser muy difíciles de sustituir. [GTII TIE Secciones 5.4.4 y 5.7, y GTII SIE Sección 25.4]

8.2. Consecuencias para los ecosistemas y la biodiversidad de las actividades para la adaptación

Algunas actividades para la adaptación frente al cambio climático podrían tener impactos beneficiosos y adversos sobre la biodiversidad, que variarán según de las regiones donde se implementen. Existen algunas actividades para la adaptación que pudieran ser eficaces, pero que pueden afectar la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica. Las actividades para la adaptación también pueden amenazar la biodiversidad, de forma directa (mediante la destrucción de hábitats) o de manera indirecta (mediante la introducción de nuevas especies o de prácticas de manejo modificadas). El manejo integrado de las aguas y los suelos puede proporcionar muchas de las actividades de adaptación. Entre los ejemplos de actividades para la adaptación e impacto potencial sobre la biodiversidad se incluyen:

- **Las opciones para el manejo integrado de suelos y aguas (o manejo del paisaje)** incluyen la eliminación de distorsiones políticas que producen pérdida y/o uso no

sostenible de la biodiversidad; el desarrollo y establecimiento de una metodología que permita el análisis de las compensaciones entre el cumplimiento de las necesidades humanas y los objetivos para conservación y uso sostenible; el establecimiento de programas extensivos de manejo de suelos; siembra para disminuir la degradación de los suelos y del agua; el control de las especies invasoras; el cultivo de algunos alimentos salvajes y de especies medicinales que podrían también capturar algo de la variabilidad genética de las especies endémicas; y los programas de vigilancia que incluyen a comunidades locales para comprobar que la enfermedad, las plagas y las especies invasoras no han migrado, que las funciones y los procesos de los ecosistemas no se han perdido, o han sido afectados negativamente, y que los animales tienen rutas de migración apropiadas como respuesta a las zonas climáticas cambiantes. [GTII TIE Secciones 4.4.2, 4.6.2, 5.4.4, 5.5.4, 5.6.4, 6.5.1, 10.2.1.5, 11.3, 12.4.8, 12.5.10, 12.8, 14.1.3.1, 14.2.1.5, 15.3, 16.3.2, y 17.3, GTII TIE Figura 5–1, y SI P7.8 y P8.4]

- ***Un enfoque integrado para la gestión de los bancos de pesca costeros, que incluyese la introducción de acuicultura y maricultura, podría reducir las presiones sobre bancos de pesca costeros.*** El desarrollo de la maricultura y de la acuicultura como respuesta a los impactos sobre los bancos de pesca costeros es una posible opción para la adaptación. La acuicultura y la maricultura podrían reducir el impacto sobre los sistemas costeros restantes, pero se implementarían mejor si se adoptan como parte de un enfoque integrado para la gestión costera del cambio climático; sin embargo, existen ejemplos de acuicultura y de maricultura que han tenido impactos negativos sobre la biodiversidad local en aguas marinas poco profundas, lagos, ríos y en grupos humanos que dependen de ellos. [GTII TIE Sección 6.6.4 y GTII SIE Sección 16.1]
- ***Los enfoques integrados que tienen como objetivo el mejoramiento de la agricultura sostenible y, simultáneamente, del desarrollo rural, podrían mejorar la capacidad de recuperación de la biodiversidad frente al cambio climático.*** Las actividades específicas para el uso de los suelos mediante la agricultura sostenible incluyen el manejo apropiado de los sistemas de producción; el mejoramiento de los cultivos cambiantes con períodos de barbecho suficientes, la diversificación de los sistemas de cultivos, el mantenimiento continuo de la cubierta de la tierra y la restitución de nutrientes y sistemas agrosilviculturales que incluyen diferentes combinaciones de plantas herbáceas y madereras, junto con cultivos agrícolas. Dichas actividades podrían producir múltiples beneficios agronómicos, ambientales y socioeconómicos, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y conservar la biodiversidad. [GTIII TIE RRP, IEUTCS Sección 2.5, e IEUTCS Hoja Informativa 4.11]
- ***La translocación de especies para la adaptación a los cambios en las zonas climáticas presenta incertidumbres científicas*** Se debe poner especial atención a las especies

especializadas, con escasa dispersión o poblaciones pequeñas, las especies endémicas que ocupan un área restringida o tienen poblaciones periféricas, aquellas que están desfavorecidas genéticamente y las que tienen importantes funciones en el ecosistema. Estas especies pueden contar con ayuda a corto plazo si se les proporcionan corredores naturales para la migración (por ejemplo, la creación de reservas con orientación norte-sur), pero muchas pudieran requerir migración asistida para mantener el mismo ritmo de desplazamiento de sus hábitats frente a la velocidad del cambio climático. Las consecuencias de los organismos invasivos no se pueden predecir; se pueden esperar muchas sorpresas. En los sistemas acuáticos, se ha comprobado que el manejo con especies no autóctonas aumenta la inestabilidad de la comunidad piscícola, crea problemas con el manejo de peces, y genera muchas consecuencias inesperadas. La introducción de nueva biota por encima de la biota regional, que ya presenta problemas producidos por el calentamiento, va resultar, probablemente, una adaptación problemática. [GTII TIE Sección 5.7.4 y GTII SIE Sección 1.3.7]

- ***El mayor uso de pesticidas y de herbicidas para las nuevas especies de plagas puede producir daño a las comunidades de plantas y animales, a la calidad del agua y a la salud humana.*** El cambio climático podría afectar a muchos de estos sistemas, separando a los depredadores de sus presas, y a los parásitos de sus hospederos. Los estudios realizados en América del Norte prevén la reducción en la distribución y tamaño de algunas de las especies que se alimentan de plagas en los bosques, pastizales y ecosistemas agrícolas. Las respuestas humanas al cambio climático también puede que contribuyan sinérgicamente a las presiones existentes. Por ejemplo, si los nuevos brotes de plagas se contrarrestan con un aumento en el uso de pesticidas, las especies que no son objetivo de dichos pesticidas podrían tener que soportar factores de estrés producidos por el clima y por los contaminantes. Además de esto, las especies que no son objetivo de los pesticidas podrían incluir depredadores naturales u otras plagas, lo que podría crear más problemas. [GTII TIE Secciones 5.4.2, 5.4.3.3, y 5.4.4]
- ***Aumento de la demanda de agua debido a cambios previstos en condiciones socioeconómicas y a temperaturas más cálidas—agravado en algunas regiones debido a la reducción de la precipitación—que probablemente aumente el costo de oportunidad del agua y, posiblemente, reduzca la disponibilidad de agua para la fauna y los ecosistemas manejados de forma no intensiva.*** Sin embargo, en muchas regiones, la estrategia a seguir para la adaptación frente a cambios en la demanda de agua provocados por alteraciones del clima podría ser el incremento de la eficiencia en el empleo del agua, pero ello pudiera ser difícil de llevar a cabo. [GTII TIE Sección 5.3.4]
- ***Las barreras físicas como medidas para la adaptación a la variabilidad climática actual (grandes tormentas repentinas, inundaciones, etc.) pueden producir pérdida***

local de biodiversidad y pueden tener como resultado maladaptaciones a cambios climáticos futuros. En algunos casos, las islas pequeñas pudieran destruirse para obtener materiales de construcción para la protección costera. Existen otras opciones potenciales que incluyen el mejoramiento y la conservación de la protección natural (por ejemplo, la replantación de manglares y la protección de los arrecifes coralinos), el empleo de opciones más ‘ligeras’, como el rellenado artificial de las playas y la elevación en altura del suelo de las aldeas costeras. Una forma específica de este mejoramiento de la protección podría incluir la colocación estratégica de humedales artificiales. Otras opciones incluyen la aplicación de enfoques ‘de precaución’—como el cumplimiento de la normativa sobre el emplazamiento de las construcciones, las normativas sobre el uso de los suelos, los códigos sobre construcciones, y la cobertura de los seguros—y las respuestas tradicionales y apropiadas (por ejemplo, la construcción sobre pilotes y el uso de materiales de construcción autóctonos expansibles y ampliamente disponibles), que han mostrado ser respuestas eficaces en muchas regiones durante el pasado. [GTII TIE Secciones 17.2.3 y 17.2.8]

8.3. Sinergias entre la conservación y el uso sostenible de biodiversidad y el cambio climático

Las acciones para conservar y usar de manera sostenible la biodiversidad por otras razones además del cambio climático, podrían repercutir de forma predominantemente positiva en la cantidad o velocidad del cambio climático y en la capacidad de los seres humanos para adaptarse al cambio climático. Entre los ejemplos específicos se incluyen:

- *Las áreas establecidas para conservar la biodiversidad representan almacenes de carbono a largo plazo.* Normalmente, se prefieren los ecosistemas relativamente maduros para acciones relacionadas con la conservación, manejados para reducir la posibilidad de alteraciones. De esta manera se minimizan las actividades humanas que podrían emitir carbono almacenado. De esta forma, las reservas para la conservación constituyen una forma de deforestación y/o desvegetación evitadas. [IEUTCS Secciones 2.3.1 y 2.5.1]
- *El mantenimiento de la biodiversidad conduce a la protección de una mayor cantidad de grupos genéticos de los que pueden surgir nuevos genotipos de especies domesticadas y silvestres adaptadas al cambio climático y a las condiciones ambientales.* Las reservas para la conservación pueden contribuir al mantenimiento de grupos genéticos diversos, pero también hay importantes contribuciones de especies autóctonas que crecen en las tierras de cultivo y pastoreo. [GTII TIE Secciones 5.3.3, 6.3.7, 14.2.1, y 19.3.3]
- *El mantenimiento de la biodiversidad requiere regímenes naturales de alteraciones, mientras que el manejo para el máximo almacenaje de carbono tiende a evitar las alteraciones.* La conservación de la más amplia gama

posible de ecosistemas requiere la continuación de la dinámica natural del ecosistema. Se puede permitir la alteración en algunos ecosistemas con un gran contenido de carbono, lo que tiene como resultado la emisión de carbono a la atmósfera. Igualmente, se deberían conservar los ecosistemas con un bajo contenido de carbono. Por otro lado, el secuestro óptimo de carbono podría precisar la siembra de especies de rápido crecimiento o la eliminación de alteraciones, como los incendios. Por esto, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad a menudo no resulta consecuente con el almacenamiento simultáneo de carbono de alto grado. [IEUTCS Sección 2.5.1]

9. Enfoques para evaluar los impactos de las actividades de adaptación al cambio climático y mitigación, y otros aspectos del desarrollo sostenible

Existen sinergias e intercambios potenciales entre las actividades para la mitigación y la adaptación al cambio climático (proyectos y políticas) y los objetivos de la conservación y el uso sostenible del Convenio de la Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, además de otros aspectos del desarrollo sostenible. Algunos factores críticos que afectan a las contribuciones para el desarrollo sostenible de las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático incluyen la capacidad institucional y técnica para el desarrollo e implantación de directivas y procedimientos; la extensión y eficacia de la participación de la comunidad local en el desarrollo, implementación y distribución de los beneficios y la transferencia y adopción de tecnologías. Las evaluaciones que se han efectuado hasta la fecha de los impactos ambientales y sociales a nivel de proyecto, sector y región, tal como se aplican en muchos países, se pueden adaptar y utilizar para evaluar los impactos de las actividades para mitigación y adaptación sobre la biodiversidad y otros aspectos del desarrollo sostenible. [GTIII TIE RRP, IEUTCS RRP párrafo 90, e IEUTCS Secciones 2.5 y 5.6.4]

Los impactos ambientales y socioeconómicos de las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático se pueden evaluar mediante estudios de impactos a nivel estratégico y de proyectos (niveles sectorial y regional) sobre el medio ambiente y las sociedades. Las mejores evaluaciones de los impactos ambientales y sociales, que incorporan los procesos participativos, proporcionan opciones para mostrar a las personas encargadas de la toma de decisiones, los riesgos e impactos de un cambio de proyecto o de una política sobre el medio ambiente y sobre la sociedad en general, además de analizar las medidas opcionales y las dirigidas a la mitigación. Puede que sea necesario adaptar las metodologías existentes para la evaluación si se va a evaluar la gama completa de las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático, pero es cierto que dichas metodologías deben incluir los impactos de las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático sobre la biodiversidad y sobre otros aspectos del desarrollo sostenible: el empleo, la salud humana, la pobreza y la equidad. [IEUTCS Sección 2.5]

Se puede utilizar una amplia gama de marcos analíticos de decisiones para evaluar las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático, pero raramente se utilizan.

Los muy diversos grupos de marcos analíticos incluyen el análisis de decisiones, el análisis de costes y beneficios, el análisis de la rentabilidad, y el uso de políticas piloto. Existen ciertas características del análisis de decisiones (por ejemplo, la toma de decisiones secuencial y la cobertura), versiones específicas (análisis multicriterio), aplicaciones particulares (evaluación de riesgos), y componentes básicos (teoría de atributos múltiples para utilidad) que están basados en el mismo marco teórico. El análisis de decisiones, que puede ser especialmente atractivo para la evaluación de adaptaciones sectoriales y regionales, se puede llevar a cabo con criterios simples o múltiples, y se puede servir de la teoría de atributos múltiples de utilidad para proporcionar un respaldo conceptual. El análisis de decisiones—adaptado para el manejo de problemas tecnológicos, sociales y ambientales—forma parte de la evaluación de los riesgos. [GTII TIE Sección 1.1 y GTIII TIE Sección 2.5]

Se podrían desarrollar y utilizar criterios e indicadores que guardan coherencia con los objetivos nacionales para el desarrollo sostenible cuando se evalúan y comparan los impactos de las actividades para la adaptación y mitigación sobre la biodiversidad y otros aspectos del desarrollo sostenible.

Un conjunto ideal de indicadores podría presentar muchas de las mismas características que un sistema ideal de contabilidad: transparencia, consecuencia, comparabilidad y precisión. No existe un conjunto completo de indicadores con estas características para el grupo de políticas y medidas que se podrían utilizar para adaptarse al cambio climático o mitigar sus impactos, pero se están desarrollando algunos enfoques para problemas parecidos que los países podrían adaptar para calcular las implicaciones de las actividades de la mitigación y adaptación sobre la biodiversidad y otros aspectos del desarrollo sostenible. [IEUTCS Sección 2.5], por ejemplo:

- ***La compatibilidad con principios e indicadores internacionalmente reconocidos para el desarrollo sostenible y la consistencia con objetivos nacionalmente definidos para el desarrollo sostenible y/o el desarrollo nacional***—Los gobiernos pueden desear asegurar que las actividades para la mitigación y adaptación al cambio climático sean consecuentes y apoyen los objetivos de sostenibilidad nacional. El amplio conjunto de indicadores a nivel nacional desarrollados con ayuda de la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (UNCSD) puede ser de gran utilidad para los gobiernos que deseen crear indicadores para evaluar dicha consecuencia. La UNCSD ha desarrollado indicadores sociales, económicos y ambientales dentro de un marco del tipo ‘fuerza impulsora–estado–respuesta’—cada uno con una metodología específica que se pueda utilizar a nivel nacional, entendiendo que los países pueden elegir entre los indicadores, a aquellos que tengan una mayor relación con sus prioridades y objetivos nacionales respecto de una serie de áreas del programa, incluidas aquellas de especial interés para las políticas y medidas del

IEUTCS y para la biodiversidad (por ejemplo, la lucha contra la deforestación), la gestión de los ecosistemas frágiles, la lucha contra la desertificación y la sequía, y la conservación y la diversidad biológica. La Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED) ha planteado una serie de indicadores básicos que utilizan un modelo parecido del tipo ‘presión–estado–respuesta’ para evaluar el rendimiento ambiental—basados en su importancia política, solidez analítica, y capacidad para medir— en lo que se refiere a problemas, tales como los recursos forestales, la degradación de los suelos y la diversidad biológica. La Unión Europea (UE) también se encuentra desarrollando una serie de indicadores para las actividades humanas que afectan al medio ambiente en determinadas áreas; éstas incluyen el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, y el agotamiento de los recursos. Una cuestión clave es el grado de adaptación de los grupos de indicadores a nivel nacional o sectorial de la UNCSD, la OCED, o la UE para la evaluación de las implicaciones de las actividades de adaptación y la mitigación.

- ***La consecuencia con criterios e indicadores reconocidos internacionalmente para la gestión forestal sostenible y la agricultura***—Se han iniciado algunas acciones a nivel intergubernamental para desarrollar criterios e indicadores para la silvicultura sostenible (por ejemplo, las de Helsinki, Montreal, Tarapota, y los Procesos de la Organización Internacional de Madera Tropical) y la agricultura (como las de la FAO). Estos criterios e indicadores necesitan ser adaptados y desarrollados aún más para que puedan proporcionar mejor guía a nivel local en lo que se refiere a las prácticas de manejo forestal y agrícola en diferentes regiones. Estos criterios e indicadores van normalmente más allá de un objetivo estrechamente definido sobre la productividad de las maderas, otros productos comerciales forestales, alimentos, y pienso para animales, para incorporar aspectos ecológicos y sociales de la sostenibilidad tales como: (i) la conservación de la diversidad biológica, (ii) el mantenimiento de la salud y vitalidad del ecosistema forestal, (iii) el mantenimiento de los bosques, pastos, y la contribución de las tierras agrícolas a los ciclos mundiales del carbono, (iv) los sistemas movedizos de cultivo y agropastoreo, (v) el manejo integrado de los suelos y el agua, y (vi) el mantenimiento y el mejoramiento de los múltiples beneficios socioeconómicos de las tierras forestales y agrícolas para cumplir con las necesidades de la sociedad.

La capacidad de los países para implementar actividades de adaptación y mitigación se puede ver mejorada cuando las políticas climáticas se integran con políticas para el desarrollo nacional que incluyen aspectos económicos, sociales y ambientales. Los vínculos entre los problemas ambientales locales, regionales y mundiales (entre ellos la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad) y sus relaciones respecto de la satisfacción de las necesidades humanas ofrecen oportunidades para captar las sinergias entre el desarrollo de

opciones de respuesta y la reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático, aunque pueden existir intercambios entre los diferentes problemas. La aplicación exitosa de opciones para la mitigación de los gases de efecto invernadero podría necesitar franquear barreras técnicas, económicas, políticas, culturales, sociales, conductuales o/e institucionales. [SI RRP y SI P7 y P8]

10. Información identificada y brechas evaluativas

Estas categorías se encuentran dentro del contexto de las opciones para adaptación y mitigación frente al cambio climático y sus impactos sobre la biodiversidad, y la retroalimentación respecto de repercusiones en la biodiversidad por cambio climático.

Para responder—¿Cuál es el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad y cuáles las repercusiones en la biodiversidad por cambio climático?:

- El mejoramiento de las simulaciones climáticas a escala regional, junto con simulaciones temporales de ecosistemas, que se ocupan de las presiones múltiples con la resolución especial y temporal apropiada y que incluyen interacciones espaciales entre ecosistemas dentro de los paisajes.
- El desarrollo de sistemas de vigilancia, utilizando taxones múltiples, para ayudar a la detección de cambios en los ecosistemas y en la biodiversidad dentro de éstos, y la atribución de dichos cambios al cambio climático.
- Puede ser importante la vigilancia dentro de las áreas protegidas, donde la influencia de las presiones no climáticas son mínimas.
- El mejoramiento del conocimiento de las relaciones entre la biodiversidad, la estructura y función del ecosistema, y la dispersión y/o la migración a través de paisajes fragmentados.
- La evaluación de toda la documentación de importancia que se ocupe del cambio climático y de la biodiversidad, además de otras presiones.
- El desarrollo y uso de escenarios de cambios climáticos regionales detallados y fiables para en análisis riguroso de la vulnerabilidad.

Para responder—¿Cuál es el impacto de las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático, sobre la biodiversidad?:

- La evaluación de los estudios de casos (para obtener más experiencia) que se ocupen de los impactos sobre la biodiversidad de proyectos de mitigación (incluyendo los estudios sobre el medio ambiente marino y los proyectos para secuestro de carbono) y los proyectos de adaptación.
- La evaluación del impacto de la conservación y uso sostenible de la biodiversidad sobre el cambio climático.
- El desarrollo de nuestros conocimientos básicos de los impactos potenciales de las actividades para conservación y uso sostenible, así como de políticas pertinentes, respecto del cambio climático (a nivel local, regional, y posiblemente mundial).

Para responder—¿Cuál es el potencial de la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, para contribuir a las medidas de adaptación frente al cambio climático?:

- La identificación de actividades y políticas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad que podrían repercutir positivamente sobre las opciones de adaptación y mitigación del cambio climático.

Para desarrollar instrumentos, indicadores y enfoques:

- La adaptación de instrumentos de evaluación ambiental y socioeconómica a nivel de proyectos, sectores y regiones, y el desarrollo ulterior de un conjunto de criterios e indicadores para evaluar (de forma cuantitativa y cualitativa) las sinergias e intercambios entre las opciones de adaptación y mitigación al cambio climático y el desarrollo sostenible.

Reconocimientos

Gracias a An van den Borre y a Xuehong Wang por su ayuda en la documentación reciente y a todos los autores del IPCC, a sus familias y a las instituciones por hacer posible este documento.

Anexo A

LISTA DE DOCUMENTOS DE IMPORTANCIA RELACIONADOS CON LA BIODIVERSIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO PUBLICADOS DESDE 1999/2000

Los documentos publicados en el periodo 1999–2000 sólo se incluyen si no han sido ya evaluados en el TIE. También se incluyen algunos documentos de carácter regional. Algunas referencias publicadas antes del año 1999 se han añadido como respuesta a los comentarios realizados por gobiernos/expertos.

- Abrams, M.F., C.S. Copenheaver, B.S. Black, y S. van de Gevel, 2001:** Dendroecology and climatic impacts for a relict, old-growth, bog forest in the Ridge and Valley Province of central Pennsylvania, USA. *Canadian Journal of Botany*, **79**, 58–69.
- Abril, A. y E.H. Bucher, 2001:** Overgrazing and soil carbon dynamics in the western Chaco of Argentina. *Applied Soil Ecology*, **16**, 243–249.
- Abu-Asab, M.S., P.M. Peterson, S.G. Shetler, y S.S. Orli, 2001:** Earlier plant flowering in spring as a response to global warming in the Washington, DC, area. *Biodiversity and Conservation*, **10**, 597–612.
- Adams, G.A. y D.H. Wall, 2000:** Biodiversity above and below the surface of soils and sediments: Linkages and implications for global change. *Bioscience*, **50**, 1043–1048.
- Adams, S.B., C.A. Frissell, y B.E. Rieman, 2001:** Geography of invasion in mountain streams: Consequences of headwater lake fish introductions. *Ecosystems*, **4**, 296–307.
- Aguirre, J., R. Riding, y J.C. Braga, 2000:** Diversity of coralline red algae: origination and extinction patterns from the Early Cretaceous to the Pleistocene. *Paleobiology*, **26**, 651–667.
- Alexandrov, V.A. y G. Hoogenboom, 2001:** Climate variation and crop production in Georgia, USA, during the twentieth century. *Climate Research*, **17**, 33–43.
- Ambrogi, A.O., 2001:** Transfer of marine organisms: a challenge to the conservation of coastal biocoenoses. *Aquatic Conservation : Marine & Freshwater Ecosystems*, **11**, 243–251.
- Amiro, B.D., B.J. Stocks, M.E. Alexander, M.D. Flannigan, y B.M. Wotton, 2001:** Fire, climate change, carbon and fuel management in the Canadian boreal forest. *International Journal of Wildland Fire*, **10**, 405–413.
- Amiro, B.D., J.B. Todd, B.M. Wotton, K.A. Logan, M.D. Flannigan, B.J. Stocks, J.A. Mason, D.L. Martell, y K.G. Hirsch, 2001:** Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959–1999. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 512–525.
- Amundson, R., 2001:** The carbon budget in soils [Review]. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, **29**, 535–562.
- Anderson, S., R. Zepp, J. Machula, D. Santavy, L. Hansen, y E. Mueller, 2001:** Indicators of UV exposure in corals and their relevance to global climate change and coral bleaching. *Human & Ecological Risk Assessment*, **7**, 1271–1282.
- Andersson, E., C. Nilsson, y M.E. Johansson, 2000:** Plant dispersal in boreal rivers and its relation to the diversity of riparian flora. *Journal of Biogeography*, **27**, 1095–1106.
- Anshari, G., A.P. Kershaw, y S. van der Kaars, 2001:** A Late Pleistocene and Holocene pollen and charcoal record from peat swamp forest, Lake Sentarum Wildlife Reserve, West Kalimantan, Indonesia. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **171**, 213–228.
- Archer, S., T.W. Boutton, y K.A. Hibbard, 2001:** Trees in grasslands—various geochemical consequences of woody plant expansion. In: *Global biogeochemical cycles in the climate system* [Schulze, E.-D., S.P. Harrison, M. Heimann, E.A. Holland, J. Lloyds, I.C. Prentice and D. Schimel (eds.)]. Academic Press, San Diego, 115–137.
- Arimoto, R., 2001:** Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. *Earth-Science Reviews*, **54**, 29–42.
- Aurela, M., T. Laurila, y J.P. Tuovinen, 2001:** Seasonal CO₂ balances of a subarctic mire. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **106**, 1623–1637.
- Ayres, M.P. y M.J. Lombardero, 2000:** Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens [Review]. *Science of the Total Environment*, **262**, 263–286.
- Bachelet, D., R.P. Neilson, J.M. Lenihan, y R.J. Drapek, 2001:** Climate change effects on vegetation distribution and carbon budget in the United States. *Ecosystems*, **4**, 164–185.
- Badeck, F.W., H. Lischke, H. Bugmann, T. Hickler, K. Honninger, P. Lasch, M.J. Lexer, F. Mouillot, J. Schaber, y B. Smith, 2001:** Tree species composition in European pristine forests: Comparison of stand data to model predictions. *Climatic Change*, **51**, 307–347.
- Baker, L.A., D. Hope, Y. Xu, J. Edmonds, y L. Lauver, 2001:** Nitrogen balance for the central Arizona-Phoenix (CAP) ecosystem. *Ecosystems*, **4**, 582–602.
- Baldwin, V.C., H.E. Burkhardt, J.A. Westfall, y K.D. Peterson, 2001:** Linking growth and yield and process models to estimate impact of environmental changes on growth of loblolly pine. *Forest Science*, **47**, 77–82.
- Bardgett, R.D., J.M. Anderson, V. Behan-Pelletier, L. Brussaard, D.C. Coleman, C. Ettema, A. Moldenke, J.P. Schimel, y D.H. Wall, 2001:** The influence of soil biodiversity on hydrological pathways and the transfer of materials between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecosystems*, **4**, 421–429.
- Barendse, J. y S.L. Chown, 2001:** Abundance and seasonality of mid-altitude fellfield arthropods from Marion Island. *Polar Biology*, **24**, 73–82.
- Barker, P.A., F.A. Street-Perrott, M.J. Leng, P.B. Greenwood, D.L. Swain, R.A. Perrott, R.J. Telford, y K.J. Ficken, 2001:** A 14,000-year oxygen isotope record from diatom silica in two alpine lakes on Mt. Kenya. *Science*, **292**, 2307–2310.
- Batjes, N.H., 2001:** Options for increasing carbon sequestration in West African soils: An exploratory study with special focus on Senegal. *Land Degradation & Development*, **12**, 131–142.
- Bawa, K.S. y S. Dayanandan, 1998:** Global climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change*, **39**, 473–485.
- Bazzaz, F.A., 1998:** Tropical forests in a future climate—changes in biological diversity and impact on the global carbon cycle. *Climatic Change*, **39**, 317–336.
- Beerling, D.J., 1999:** Long-term responses of boreal vegetation to global change: an experimental and modelling investigation. *Global Change Biology*, **5**, 55–74.
- Beget, J.E., 2001:** Continuous Late Quaternary proxy climate records from loess in Beringia. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 499–507.
- Behling, H., G. Keim, G. Irion, W. Junk, y J.N. de Mello, 2001:** Holocene environmental changes in the Central Amazon Basin inferred from Lago Calado (Brazil). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **173**, 87–101.
- Beilman, D.W., 2001:** Plant community and diversity change due to localized permafrost dynamics in bogs of western Canada. *Canadian Journal of Botany*, **79**, 983–993.
- Bellet-Travers, J. y D.M. Bellett-Travers, 2000:** The predicted effects of climate change on the survival of inner city trees. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.*, **370**, 155–161.
- Bellwood, D.R. y T.P. Hughes, 2001:** Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. *Science*, **292**, 1532–1534.
- Bendix, J. y C.R. Hupp, 2000:** Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Processes*, **14**, 2977–2990.

- Bengtsson, J., S.G. Nilsson, A. Franc, y P. Menozzi, 2000:** Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology & Management*, **132**, 39–50.
- Bennike, O., D. Bolshiyanov, J. Dowdeswell, A. Elverhoi, A. Geirsdottir, S. Hicks, H. Hubberton, O. Ingolfsson, y G. Miller, 2001:** Holocene paleoclimate data from the Arctic: testing models of global climate change. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 1275–1287.
- Bergengren, J.C., S.L. Thompson, D. Pollard, y R.M. DeConto, 2001:** Modeling global climate-vegetation interactions in a doubled CO₂ world. *Climatic Change*, **50**, 31–75.
- Bergeron, Y. y M.D. Flannigan, 1995:** Predicting the effects of climate change on fire frequency in the southeastern Canadian boreal forest. *Water, Air, & Soil Pollution*, **82**, 437–444.
- Bergeron, Y., 1998:** Consequences of climate changes on fire frequency and forest composition in the southwestern boreal forest of Quebec. *Géographie Physique et Quaternaire*, **52**, 167–173 (en francés).
- Bergeron, Y., S. Gauthier, V. Kafka, P. Lefort, y D. Lesieur, 2001:** Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest: consequences for sustainable forestry. *Canadian Journal of Forest Research*.
- Beringer, J., A.H. Lynch, F.S. Chapin, M. Mack, y G.B. Bonan, 2001:** The representation of arctic soils in the land surface model: The importance of mosses. *Journal of Climate*, **14**, 3324–3335.
- Berndes, G., C. Azar, T. Kaberger, y D. Abrahamson, 2001:** The feasibility of large-scale lignocellulose-based bioenergy production. *Biomass & Bioenergy*, **20**, 371–383.
- Betts, R.A., 2000:** Offset of the potential carbon sink from boreal forestation by decreases in surface albedo. *Nature*, **408**, 187–190.
- Bezemer, T.M. y K.J. Knight, 2001:** Unpredictable responses of garden snail (*Helix aspersa*) populations to climate change. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, **22**, 201–208.
- Bianchi, C.N. y C. Morri, 2000:** Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, **40**, 367–376.
- Bindi, M. y F. Maselli, 2001:** Extension of crop model outputs over the land surface by the application of statistical and neural network techniques to topographical and satellite data. *Climate Research*, **16**, 237–246.
- Blaney, C.S. y P.M. Kotanen, 2001:** The vascular flora of Akimiski Island, Nunavut Territory, Canada. *Canadian Field-Naturalist*, **115**, 88–98.
- Blaschke, L., M. Schulte, A. Raschi, N. Slee, H. Rennenberg, y A. Polle, 2001:** Photosynthesis, soluble and structural carbon compounds in two Mediterranean oak species (*Quercus pubescens* and *Q. ilex*) after lifetime growth at naturally elevated CO₂ concentrations. *Plant Biology*, **3**, 288–297.
- Boesch, D.F., R.B. Brinsfield, y R.E. Magnien, 2001:** Chesapeake Bay eutrophication: Scientific understanding, ecosystem restoration, and challenges for agriculture. *Journal of Environmental Quality*, **30**, 303–320.
- Bonan, G.B., 2001:** Observational evidence for reduction of daily maximum temperature by croplands in the Midwest United States. *Journal of Climate*, **14**, 2430–2442.
- Bonell, M., 1998:** Possible impacts of climate variability and change on tropical forest hydrology. *Climatic Change*, **39**, 215–272.
- Bonfils, L., N. de Noblet-Ducoudre, P. Braconnot, y S. Joussaume, 2001:** Hot desert albedo and climate change: Mid-Holocene monsoon in North Africa. *Journal of Climate*, **14**, 3724–3737.
- Bonotto, S., 2001:** Aspects of pollution on the coastal ecosystems of the Mediterranean Sea. *Aquatic Conservation: Marine & Freshwater Ecosystems*, **11**, 319–323.
- Boone, R.B. y W.B. Krohn, 2000:** Partitioning sources of variation in vertebrate species richness. *Journal of Biogeography*, **27**, 457–470.
- Bopp, L., P. Monfray, O. Aumont, J.-L. Dufresne, H. Le Treut, G. Madec, L. Terray, y J.C. Orr, 2001:** Potential impact of climate change on marine export production. *Global Biogeochemical Cycles*, **15**, 81–99.
- Bos, J.A.A., 2001:** Lateglacial and Early Holocene vegetation history of the northern Wetterau and the Amoneburger Basin (Hessen), central-west Germany [Review]. *Review of Palaeobotany & Palynology*, **115**, 177–212.
- Bouchard, M., 2001:** The complex environmental challenge of the 21st century in Canada: Identification and understanding of the response of the environments facing global climatic changes. *Canadian Geographer*, **45**, 54–70 (en francés).
- Bradshaw, R.H.W., B.H. Holmqvist, S.A. Cowling, y M.T. Sykes, 2000:** The effects of climate change on the distribution and management of *Picea abies* in southern Scandinavia. *Canadian Journal of Forest Research*, **30**, 1992–1998.
- Brenchley, P.J., J.D. Marshall, y C.J. Underwood, 2001:** Do all mass extinctions represent an ecological crisis? Evidence from the Late Ordovician. *Geological Journal*, **36**, 329–340.
- Brix, H., B.K. Sorrell, y B. Lorenzen, 2001:** Are Phragmites-dominated wetlands a net source or net sink of greenhouse gases? *Aquatic Botany*, **69**, 313–324.
- Brown, S., 1996:** Mitigation potential of carbon dioxide emissions by management of forests in Asia. *Ambio*, **25**, 273–278.
- Brown, J.H., S.K.M. Ernest, J.M. Parody, y J.P. Haskell, 2001:** Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecologia*, **126**, 321–332.
- Brown, J.H., T.G. Whitham, S.K.M. Ernest, y C.A. Gehring, 2001:** Complex species interactions and the dynamics of ecological systems: Long-term experiments [Review]. *Science*, **293**, 643–650.
- Brown, P.M., M.W. Kaye, L.S. Huckaby, y C.H. Baisan, 2001:** Fire history along environmental gradients in the Sacramento Mountains, New Mexico: Influences of local patterns and regional processes. *Ecoscience*, **8**, 115–126.
- Brumbelow, K. y A. Georgakakos, 2001:** An assessment of irrigation needs and crop yield for the United States under potential climate changes. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **106**, 27383–27405.
- Brush, G.S., 2001:** Natural and anthropogenic changes in Chesapeake Bay during the last 1000 years. *Human & Ecological Risk Assessment*, **7**, 1283–1296.
- Brydges, T., 2001:** Ecological change and the challenges for monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, **67**, 89–95.
- Buckland, S.M., K. Thompson, J.G. Hodgson, y J.P. Grime, 2001:** Grassland invasions: effects of manipulations of climate and management. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 301–309.
- Budd, A.F., 2000:** Diversity and extinction in the Cenozoic history of Caribbean reefs [Review]. *Coral Reefs*, **19**, 25–35.
- Bugmann, H., 1999:** Anthropogenic climate change, succession and forestry. *Schweiz. Z. Forstwesen*, **150**, 275–287 (en alemán).
- Bugmann, H., 2001:** A review of forest gap models [Review]. *Climatic Change*, **51**, 259–305.
- Bugmann, H., J.F. Reynolds, y L.F. Pitelka, 2001:** How much physiology is needed in forest gap models for simulating long-term vegetation response to global change? *Climatic Change*, **51**, 249–250.
- Burger, J., 2000:** Landscapes, tourism, and conservation. *Science of the Total Environment*, **249**, 39–49.
- Burke, A., 2001:** Determining landscape function and ecosystem dynamics: Contribution to ecological restoration in the southern Namib desert. *Ambio*, **30**, 29–36.
- Burkett, V. y J. Kusler, 2000:** Climate change: Potential impacts and interactions in wetlands of the United States. *Journal of the American Water Resources Association*, **36**, 313–320.
- Cairns, M.A. y R.A. Meganck, 1994:** Carbon sequestration, biological diversity, and sustainable development-integrated forest management. *Environmental Management*, **18**, 13–22.
- Cairns, D.M., 2001:** A comparison of methods for predicting vegetation type. *Plant Ecology*, **156**, 3–18.
- Cameron, G.N. y D. Scheel, 2001:** Getting warmer: Effect of global climate change on distribution of rodents in Texas. *Journal of Mammalogy*, **82**, 652–680.
- Camill, P., J.A. Lynch, J.S. Clark, J.B. Adams, y B. Jordan, 2001:** Changes in biomass, aboveground net primary production, and peat accumulation following permafrost thaw in the boreal peatlands of Manitoba, Canada. *Ecosystems*, **4**, 461–478.
- Campbell, B.D. y D.M.S. Smith, 2000:** A synthesis of recent global change research on pasture and rangeland production: reduced uncertainties and their management implications. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 39–55.

- Cao, M.K., Q.F. Zhang, y H.H. Shugart, 2001: Dynamic responses of African ecosystem carbon cycling to climate change. *Climate Research*, **17**, 183–193.
- Carbone, F. y G. Accordi, 2000: The Indian Ocean coast of Somalia. *Marine Pollution Bulletin*, **41**, 141–159.
- Cardinale, B.J., K. Nelson, y M.A. Palmer, 2000: Linking species diversity to the functioning of ecosystems: on the importance of environmental context. *Oikos*, **91**, 175–183.
- Carey, C., W.R. Heyer, J. Wilkinson, R.A. Alford, J.W. Arntzen, T. Halliday, L. Hungerford, K.R. Lips, E.M. Middleton, S.A. Orchard, y A.S. Rand, 2001: Amphibian declines and environmental change: Use of remote-sensing data to identify environmental correlates [Review]. *Conservation Biology*, **15**, 903–913.
- Carpentier, C.L., S.A. Vosti, y J. Witcover, 2000: Intensified production systems on western Brazilian Amazon settlement farms: could they save the forest? *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 73–88.
- Carrington, D.P., R.G. Gallimore, y J.E. Kutzbach, 2001: Climate sensitivity to wetlands and wetland vegetation in mid-Holocene North Africa. *Climate Dynamics*, **17**, 151–157.
- Carrion, J.S., M. Munuera, M. Dupre, y A. Andrade, 2001: Abrupt vegetation changes in the Segura Mountains of southern Spain throughout the Holocene. *Journal of Ecology*, **89**, 783–797.
- Carter, M.R., 2001: Researching the agroecosystem/environmental interface. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **83**, 3–9.
- Cassel-Gintz, M. y G. Petschel-Held, 2000: GIS-based assessment of the threat to world forests by patterns of non-sustainable civilisation nature interaction. *Journal of Environmental Management*, **59**, 279–298.
- Castro, R., F. Tattenbach, L. Gamez, y N. Olson, 2000: The Costa Rican experience with market instruments to mitigate climate change and conserve biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **61**, 75–92.
- Chang, H.J., B.M. Evans, y D.R. Easterling, 2001: The effects of climate change on stream flow and nutrient loading. *Journal of the American Water Resources Association*, **37**, 973–985.
- Changnon, S.A., J.M. Changnon, y G.D. Hewings, 2001: Losses caused by weather and climate extremes: A national index for the United States. *Physical Geography*, **22**, 1–27.
- Chapin, F.S., A.D. McGuire, J. Randerson, R. Pielke, D. Baldocchi, S.E. Hobbie, N. Roulet, W. Eugster, E. Kasischke, E.B. Rastetter, S.A. Zimov, y S.W. Running, 2000: Arctic and boreal ecosystems of western North America as components of the climate system. *Global Change Biology*, **6**, 211–223.
- Chapin, F.S., E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack, y S. Diaz, 2000: Consequences of changing biodiversity [Review]. *Nature*, **405**, 234–242.
- Chapin, F.S., O.E. Sala, y E. Huber-Sannwald, 2001: Global Biodiversity in a changing environment. Ecological Studies, Springer Verlag. **152**
- Chave, J., 2000: Spatio-temporal dynamics of the tropical rain forest [Review]. *Annales de Physique*, **25** (en francés).
- Chen, C.C. y B.A. McCarl, 2001: An investigation of the relationship between pesticide usage and climate change. *Climatic Change*, **50**, 475–487.
- Chen, C.C., B.A. McCarl, y R.M. Adams, 2001: Economic implications of potential ENSO frequency and strength shifts. *Climatic Change*, **49**, 147–159.
- Chen, T.C., J.H. Yoon, K.J. St Croix, y E.S. Takle, 2001: Suppressing impacts of the Amazonian deforestation by the global circulation change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **82**, 2209–2216.
- Chen, X.W., 2001: Change of tree diversity on Northeast China Transect (NECT). *Biodiversity & Conservation*, **10**, 1087–1096.
- Chlachula, J., 2001: Pleistocene climate change, natural environments and palaeolithic occupation of the upper Yenisei area, south-central Siberia. *Quaternary International*, **80–1**, 101–130.
- Chlachula, J., 2001: Pleistocene climate change, natural environments and palaeolithic occupation of the Altai area, west-central Siberia [Review]. *Quaternary International*, **80–1**, 131–167.
- Chuine, I., G. Cambon, y P. Comtois, 2000: Scaling phenology from the local to the regional level: advances from species-specific phenological models. *Global Change Biology*, **6**, 943–952.
- Clark, D.A., S. Brown, D.W. Kicklighter, J.Q. Chambers, J.R. Thomlinson, y J. Ni, 2001: Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods. *Ecological Applications*, **11**, 356–370.
- Clark, J.S., E.C. Grimm, J. Lynch, y P.G. Mueller, 2001: Effects of holocene climate change on the C₄ grassland/woodland boundary in the Northern Plains, USA. *Ecology*, **82**, 620–636.
- Clark, J.S., M. Lewis, y L. Horvath, 2001: Invasion by extremes: Population spread with variation in dispersal and reproduction. *American Naturalist*, **157**, 537–554.
- Clausnitzer, V. y R. Kityo, 2001: Altitudinal distribution of rodents (Muridae and Gliridae) on Mt Elgon, Uganda. *Tropical Zoology*, **14**, 95–118.
- Cloern, J.E., 2001: Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem [Review]. *Marine Ecology-Progress Series*, **210**, 223–253.
- Coakley, S.M., H. Scherm, y S. Chakraborty, 1999: Climate change and plant disease management [Review]. *Annual Review of Phytopathology*, **37**, 399–426.
- Collatz, G.J., J.A. Berry, y J.S. Clark, 1998: Effects of climate and atmospheric CO₂ partial pressure on the global distribution of C₄ grasses—present, past, and future. *Oecologia*, **114**, 441–454.
- Collins, L. y B. Burns, 2001: The dynamics of Agathis australis-Nothofagus truncata forest in the Hapukoko Ecological District, Waikato Region, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, **39**, 423–433.
- Collischonn, W., C.E.M. Tucci, y R.T. Clarke, 2001: Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? *Journal of Hydrology*, **245**, 218–238.
- Conde, J.E., G. Cuenca, M. Lampo, A. Pieters, y E. Olivares, 2001: Tropical ecology for the 21st. century—Biodiversity, global change and ecosystem restoration. *Interciencia*, **26**, 425–426.
- Conly, F.M. y G. Van der Kamp, 2001: Monitoring the hydrology of Canadian prairie wetlands to detect the effects of climate change and land use changes. *Environmental Monitoring & Assessment*, **67**, 195–215.
- Cook, J. y J. Beyea, 2000: Bioenergy in the United States: progress and possibilities. *Biomass & Bioenergy*, **18**, 441–455.
- Cook, E.R., J.S. Glitzenstein, P.J. Krusic, y P.A. Harcombe, 2001: Identifying functional groups of trees in west Gulf Coast forests (USA): A tree-ring approach. *Ecological Applications*, **11**, 883–903.
- Coops, N.C. y R.H. Waring, 2001: Assessing forest growth across southwestern Oregon under a range of current and future global change scenarios using a process model, 3–PG. *Global Change Biology*, **7**, 15–29.
- Copper, P., 2001: Reefs during the multiple crises towards the Ordovician-Silurian boundary: Anticosti Island, eastern Canada, and worldwide [Review]. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **38**, 153–171.
- Corser, J.D., 2001: Decline of disjunct green salamander (*Aneides aeneus*) populations in the southern Appalachians. *Biological Conservation*, **97**, 119–126.
- Cottingham, K.L., B.L. Brown, y J.T. Lennon, 2001: Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecology Letters*, **4**, 72–85.
- Courchesne, F., A.G. Roy, P.M. Biron, B. Cote, J. Fyles, y W.H. Hendershot, 2001: Fluctuations of Climatic Conditions, Elemental Cycling and Forest Growth at the Watershed Scale. *Environmental monitoring and Assessment*, **67**, 161–177.
- Couteaux, M.M., P. Bottner, J.M. Anderson, B. Berg, T. Bolger, P. Casals, J. Romanya, J.M. Thiery, y V.R. Vallejo, 2001: Decomposition of C-13-labelled standard plant material in a latitudinal transect of European coniferous forests: Differential impact of climate on the decomposition of soil organic matter compartments. *Biogeochemistry*, **54**, 147–170.
- Cowling, S.A., 2001: Plant carbon balance, evolutionary innovation and extinction in land plants. *Global Change Biology*, **7**, 231–239.
- Cowling, S.A., M.A. Maslin, y M.T. Sykes, 2001: Paleovegetation simulations of lowland Amazonia and implications for neotropical allopatry and speciation. *Quaternary Research*, **55**, 140–149.

- Cowling**, S.A., M.T. Sykes, y R.H.W. Bradshaw, 2001: Palaeovegetation-model comparisons, climate change and tree succession in Scandinavia over the past 1500 years. *Journal of Ecology*, **89**, 227–236.
- CRAAF**, 1999: Impacts prévisibles des changements climatiques sur les ressources en eau et en sol et sur les activités agricoles; séance spécialisée du 5 mai 1999. *C. R. Acad. Agr. Fr.*, **85**, 1–64 (en francés).
- Crawley**, M.J., S.L. Brown, M.S. Heard, y G.R. Edwards, 1999: Invasion-resistance in experimental grassland communities: species richness or species identity? *Ecology Letters*, **2**, 140–148.
- Creedy**, J. y A.D. Wurzbacher, 2001: The economic value of a forested catchment with timber, water and carbon sequestration benefits. *Ecological Economics*, **38**, 71–83.
- Crowley**, T.J., 2000: Causes of climate change over the past 1000 years. *Science*, **289**, 270–277.
- Crumpacker**, D.W., E.O. Box, y E.D. Hardin, 2001: Implications of climatic warming for conservation of native trees and shrubs in Florida. *Conservation Biology*, **15**, 1008–1020.
- Cullen**, L.E., J.G. Palmer, R.P. Duncan, y G.H. Stewart, 2001: Climate change and tree-ring relationships of *Nothofagus menziesii* tree-line forests. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 1981–1991.
- Currie**, D.J., 2001: Projected effects of climate change on patterns of vertebrate and tree species richness in the conterminous United States. *Ecosystems*, **4**, 216–225.
- Cutforth**, H.W., B.G. McConkey, R.J. Woodvine, D.G. Smith, P.G. Jefferson, y O.O. Akinremi, 1999: Climate change in the semiarid prairie of southwestern Saskatchewan: Late winter-early spring. *Canadian Journal of Plant Science*, **79**, 343–350.
- Dale**, V.H. y H.M. Rauscher, 1994: Assessing impacts of climate change on forests—the state of biological modeling [Review]. *Climatic Change*, **28**, 65–90.
- Dale**, V.H., 1997: The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications*, **7**, 753–769.
- Dale**, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, y R.P. Neilson, 2000: The interplay between climate change, forests, and disturbances. *Science of the Total Environment*, **262**, 201–204.
- Dale**, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F.J. Swanson, B.J. Stocks, y B.M. Wotton, 2001: Climate change and forest disturbances. *Bioscience*, **51**, 723–734.
- Dalgaard**, T., N. Halberg, y J.R. Porter, 2001: A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **87**, 51–65.
- Dauer**, D.M., J.A. Ranasinghe, y S.B. Weisberg, 2000: Relationships between benthic community condition, water quality, sediment quality, nutrient loads, and land use patterns in Chesapeake Bay [Review]. *Estuaries*, **23**, 80–96.
- Davidson**, C., H.B. Shaffer, y M.R. Jennings, 2001: Declines of the California red-legged frog: Climate, UV-B, habitat, and pesticides hypotheses. *Ecological Applications*, **11**, 464–479.
- Davis**, M.B., 1983: Holocene vegetation history of the eastern United States. In: Late Quaternary environments of the United States. Vol. 2, The Holocene [Wright, H.E. (ed.)]. *University of Minnesota Press*, 166–181.
- Davis**, M.B. y R.G. Shaw, 2001: Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change [Review]. *Science*, **292**, 673–679.
- de Freitas**, H.A., L.C.R. Pessenda, R. Aravena, S.E.M. Gouveia, A.D. Ribeiro, y R. Boulet, 2001: Late Quaternary vegetation dynamics in the southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. *Quaternary Research*, **55**, 39–46.
- de Snoo**, G.R. y G.W.J. van de Ven, 1999: Environmental themes on ecolabels. *Landscape & Urban Planning*, **46**, 179–184.
- Debinski**, D.M., M.E. Jakubauskas, y K. Kindscher, 2000: Montane meadows as indicators of environmental change. *Environmental Monitoring & Assessment*, **64**, 213–225.
- Delcourt**, P.A. y H.R. Delcourt, 1998: Paleoecological insights on conservation of biodiversity—a focus on species, ecosystems, and landscapes. *Ecological Applications*, **8**, 921–934.
- Delire**, C., P. Behling, M.T. Coe, J.A. Foley, R. Jacob, J. Kutzbach, Z.Y. Liu, y S. Vavrus, 2001: Simulated response of the atmosphere-ocean system to deforestation in the Indonesian Archipelago. *Geophysical Research Letters*, **28**, 2081–2084.
- Desanker**, P.V. y C.O. Justice, 2001: Africa and global climate change: critical issues and suggestions for further research and integrated assessment modeling. *Climate Research*, **17**, 93–103.
- Diaz**, S., 2001: Complex interactions between plant diversity, succession and elevated CO₂. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 667.
- Diaz**, S. y M. Cabido, 2001: Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes [Review]. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 646–655.
- Didier**, L., 2001: Invasion patterns of European larch and Swiss stone pine in subalpine pastures in the French Alps. *Forest Ecology & Management*, **145**, 67–77.
- DiMichele**, W.A., H.W. Pfefferkorn, y R.A. Gastaldo, 2001: Response of Late Carboniferous and Early Permian plant communities to climate change [Review]. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, **29**, 461–487.
- Dippner**, J.W. y G. Ottersen, 2001: Cod and climate variability in the Barents Sea. *Climate Research*, **17**, 73–82.
- Dixon**, R.K. y J. Wisniewski, 1995: Global forest systems—an uncertain response to atmospheric pollutants and global climate change. *Water, Air, & Soil Pollution*, **85**, 101–110.
- Doerner**, J.P. y P.E. Carrara, 2001: Late quaternary vegetation and climatic history of the Long Valley area, west-central Idaho, USA. *Quaternary Research*, **56**, 103–111.
- Drexler**, J.Z. y K.C. Ewel, 2001: Effect of the 1997–1998 ENSO-related drought on hydrology and salinity in a Micronesian wetland complex. *Estuaries*, **24**, 347–356.
- Dubatolov**, V.N. y V.I. Krasnov, 2000: Evolution of geographic settings of Siberian seas in the Famenian. *Geologiya i Geofizika*, **41**, 239–254 (en ruso).
- Dubey**, S.K., 2001: Methane emission and rice agriculture. *Current Science*, **81**, 345–346.
- Duckworth**, J.C., R.G.H. Bunce, y A.J.C. Malloch, 2000: Vegetation gradients in Atlantic Europe: the use of existing phytosociological data in preliminary investigations on the potential effects of climate change on British vegetation. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **9**, 187–199.
- Dukes**, J.S., 2001: Productivity and complementarity in grassland microcosms of varying diversity. *Oikos*, **94**, 468–480.
- Dukes**, J.S., 2001: Biodiversity and invasibility in grassland microcosms. *Oecologia*, **126**, 563–568.
- Dyer**, P.S. y G.J. Murtagh, 2001: Variation in the ribosomal ITS-sequence of the lichens *Buellia frigida* and *Xanthoria elegans* from the Vestfold Hills, eastern Antarctica. *Lichenologist*, **33**, 151–159.
- Dynesius**, M. y R. Jansson, 2000: Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*.
- Easterling**, W.E., J.R. Brandle, C.J. Hays, Q.F. Guo, y D.S. Guertin, 2001: Simulating the impact of human land use change on forest composition in the Great Plains agroecosystems with the Seedscape model. *Ecological Modelling*, **140**, 163–176.
- Eastman**, J.L., M.B. Coughenour, y R.A. Pielke, 2001: The regional effects of CO₂ and landscape change using a coupled plant and meteorological model. *Global Change Biology*, **7**, 797–815.
- Eckersten**, H., K. Blomback, T. Katterer, y P. Nyman, 2001: Modelling C, N, water and heat dynamics in winter wheat under climate change in southern Sweden. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **86**, 221–235.
- Edwards**, G.R., H. Clark, y P.C.D. Newton, 2001: The effects of elevated CO₂ on seed production and seedling recruitment in a sheep-grazed pasture. *Oecologia*, **127**, 383–394.
- Elliott**, S., K.S. Lackner, H.J. Ziack, M.K. Dubey, H.P. Hanson, S. Barr, N.A. Ciszewski, y D.R. Blake, 2001: Compensation of atmospheric CO₂ buildup through engineered chemical sinkage. *Geophysical Research Letters*, **28**, 1235–1238.

- Englin, J. y J.M. Callaway, 1995: Environmental impacts of sequestering carbon through forestation. *Climatic Change*, **31**, 67–78.
- Enquist, B.J. y K.J. Niklas, 2001: Invariant scaling relations across tree-dominated communities. *Nature*, **410**, 655–660.
- Epstein, P.R., 2001: Climate change and emerging infectious diseases [Review]. *Microbes & Infection*, **3**, 747–754.
- Erickson, H., M. Keller, y E.A. Davidson, 2001: Nitrogen oxide fluxes and nitrogen cycling during postagricultural succession and forest fertilization in the humid tropics. *Ecosystems*, **4**, 67–84.
- Ernest, S.K.M. y J.H. Brown, 2001: Homeostasis and compensation: The role of species and resources in ecosystem stability. *Ecology*, **82**, 2118–2132.
- Evans, R.D., R. Rimer, L. Sperry, y J. Belnap, 2001: Exotic plant invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecological Applications*, **11**, 1301–1310.
- Ewel, K.C., C. Cressa, R.T. Kneib, P.S. Lake, L.A. Levin, M.A. Palmer, P. Snelgrove, and D.H. Wall, 2001: Managing critical transition zones. *Ecosystems*, **4**, 452–460.
- Fairbanks, D.H.K. y G.A. Benn, 2000: Identifying regional landscapes for conservation planning: a case study from KwaZulu-Natal, South Africa. *Landscape & Urban Planning*, **50**, 237–257.
- Falge, E., D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni, M. Aubinet, C. Bernhofer, G. Burba, R. Ceulemans, R. Clement, H. Dolman, A. Granier, P. Gross, T. Grunwald, D. Hollinger, N.O. Jensen, G. Katul, P. Keronen, A. Kowalski, C.T. Lai, B.E. Law, T. Meyers, H. Moncrieff, E. Moors, J.W. Munger, K. Pilegaard, y et al., 2001: Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange. *Agricultural & Forest Meteorology*, **107**, 43–69.
- Fay, P.A., J.D. Carlisle, A.K. Knapp, J.M. Blair, y S.L. Collins, 2000: Altering rainfall timing and quantity in a mesic grassland ecosystem: Design and performance of rainfall manipulation shelters. *Ecosystems*, **3**, 308–319.
- Fearnside, P.M., 2000: Uncertainty in land-use change and forestry sector mitigation options for global warming: Plantation silviculture versus avoided deforestation. *Biomass & Bioenergy*, **18**, 457–468.
- Fearnside, P.M., 2001: Saving tropical forests as a global warming countermeasure: an issue that divides the environmental movement. *Ecological Economics*, **39**, 167–184.
- Fenner, J., 2001: Palaeoceanographic and climatic changes during the Albian, summary of the results from the Kirchrode boreholes. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **174**, 287–304.
- Figueredo, C.C. y A. Giani, 2001: Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, **445**, 165–174.
- Findlay, C.S., J. Lenton, y L.G. Zheng, 2001: Land-use correlates of anuran community richness and composition in southeastern Ontario wetlands. *Ecoscience*, **8**, 336–343.
- Finizio, A., A. Diguardo, y L. Cartmale, 1998: Hazardous air pollutants (haps) and their effects on biodiversity—an overview of the atmospheric pathways of persistent organic pollutants (pops) and suggestions for future studies. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 327–336.
- Finlayson, C.M. y I. Eliot, 2001: Ecological assessment and monitoring of coastal wetlands in Australia's wet-dry tropics: A paradigm for elsewhere? *Coastal Management*, **29**, 105–115.
- Fischer, M., D. Matthies, y B. Schmid, 1997: Responses of rare calcareous grassland plants to elevated CO₂—a field experiment with gentianella germanica and gentiana cruciata. *Journal of Ecology*, **85**, 681–691.
- Fitter, A.H., G.K. Self, T.K. Brown, D.S. Bogie, J.D. Graves, D. Benham, y P. Ineson, 1999: Root production and turnover in an upland grassland subjected to artificial soil warming respond to radiation flux and nutrients, not temperature. *Oecologia*, **120**, 575–581.
- Fitzhugh, R.D., C.T. Driscoll, P.M. Groffman, G.L. Tierney, T.J. Fahey, y J.P. Hardy, 2001: Effects of soil freezing disturbance on soil solution nitrogen, phosphorus, and carbon chemistry in a northern hardwood ecosystem. *Biogeochemistry*, **56**, 215–238.
- Flannigan, M.D., B.J. Stocks, y B.M. Wotton, 2000: Climate change and forest fires. *Science of the Total Environment*, **262**, 221–229.
- Fleishman, E., J.P. Fay, y D.D. Murphy, 2000: Upsides and downsides: contrasting topographic gradients in species richness and associated scenarios for climate change. *Journal of Biogeography*, **27**, 1209–1219.
- Fleming, R.A. y J.N. Candau, 1998: Influences of climatic change on some ecological processes of an insect outbreak system in canadas boreal forests and the implications for biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 235–249.
- Foissner, W., 1999: Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **74**, 95–112.
- Foley, J.A., S. Levis, M.H. Costa, W. Cramer, y D. Pollard, 2000: Incorporating dynamic vegetation cover within global climate models. *Ecological Applications*, **10**, 1620–1632.
- Fontaine, T.A., J.F. Klassen, T.S. Cruickshank, y R.H. Hotchkiss, 2001: Hydrological response to climate change in the Black Hills of South Dakota, USA. *Hydrological Sciences Journal*, **46**, 27–40.
- Foster, P., 2001: The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests [Review]. *Earth-Science Reviews*, **55**, 73–106.
- Frampton, G.K., P.J. Van den Brink, y P.J.L. Gould, 2000: Effects of spring precipitation on a temperate arable collembolan community analysed using Principal Response Curves. *Applied Soil Ecology*, **14**, 231–248.
- Frenot, Y., J.C. Gloaguen, L. Masse, y M. Lebouvier, 2001: Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. *Biological Conservation*, **101**, 33–50.
- Fridley, J.D., 2001: The influence of species diversity on ecosystem productivity: how, where, and why? *Oikos*, **93**, 514–526.
- Friedlingstein, P., L. Bopp, P. Ciais, J.L. Dufresne, L. Fairhead, H. LeTreut, P. Monfray, y J. Orr, 2001: Positive feedback between future climate change and the carbon cycle. *Geophysical Research Letters*, **28**, 1543–1546.
- Frolking, S., N.T. Roulet, T.R. Moore, P.J.H. Richard, M. Lavoie, y S.D. Muller, 2001: Modeling northern peatland decomposition and peat accumulation. *Ecosystems*, **4**, 479–498.
- Gabriel, A.G.A., S.L. Chown, J. Barendse, D.J. Marshall, R.D. Mercer, P.J.A. Pugh, y V.R. Smith, 2001: Biological invasions of Southern Ocean islands: the Collembola of Marion Island as a test of generalities. *Ecography*, **24**, 421–430.
- Gao, G. y C.Y. Huang, 2001: Climate change and its impact on water resources in North China. *Advances in Atmospheric Sciences*, **18**, 718–732.
- Gignac, L.D., 2001: Invited essay—New frontiers in bryology and lichenology—Bryophytes as indicators of climate change. *Bryologist*, **104**, 410–420.
- Giorgi, F., P.H. Whetton, R.G. Jones, J.H. Christensen, L.O. Mearns, B. Hewitson, H. vonStorch, R. Francisco, y C. Jack, 2001: Emerging patterns of simulated regional climatic changes for the 21st century due to anthropogenic forcings. *Geophysical Research Letters*, **28**, 3317–3320.
- Goklany, I.M., 1995: Strategies to enhance adaptability—technological change, sustainable growth and free trade. *Climatic Change*, **30**, 427–449.
- Goklany, I.M., 1996: Factors affecting environmental impacts—the effect of technology on long-term trends in cropland, air pollution and water-related diseases. *Ambio*, **25**, 497–503.
- Goklany, I.M., 1998: Saving habitat and conserving biodiversity on a crowded planet. *Bioscience*, **48**, 941–953.
- Goklany, I.M., 1999: Meeting Global Food Needs: The Environmental Trade-offs Between Increasing Land Conversion and Land Productivity. *Technology*, **6**, 107–130.
- Goklany, I.M., 2000: Potential Consequences of Increasing Atmospheric CO₂ Concentration Compared to Other Environmental Problems. *Technology*, **7S**, 189–213.
- Goldewijk, K.K., 2001: Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. *Global Biogeochemical Cycles*, **15**, 417–433.

- Gomez-mendoza, J.**, 1993: Forestation and reforestation in Spain. *Revista de Occidente*, **149**, 73–89 (en español).
- Gould, W.**, 2000: Remote sensing of vegetation, plant species richness, and regional biodiversity hotspots. *Ecological Applications*, **10**, 1861–1870.
- Govindasamy, B., P.B. Duffy, y K. Caldeira**, 2001: Land use changes and Northern Hemisphere cooling. *Geophysical Research Letters*, **28**, 291–294.
- Gower, S.T., O. Krankina, R.J. Olson, M. Apps, S. Linder, y C. Wang**, 2001: Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications*, **11**, 1395–1411.
- Grace, J.B.**, 2001: Difficulties with estimating and interpreting species pools and the implications for understanding patterns of diversity. *Folia Geobotanica*, **36**, 71–83.
- Grace, J.B.**, 2001: The roles of community biomass and species pools in the regulation of plant diversity. *Oikos*, **92**, 193–207.
- Graham, R.L., M.G. Turner, y D.V. H.**, 1990: Increasing CO₂ and climate change: effects on forests. *Bioscience*, **40**, 575–587.
- Granstrom, A.**, 2001: Fire management for biodiversity in the European boreal forest. *Scandinavian Journal of Forest Research, Suppl 3*, 62–69.
- Green, R.E., M. Harley, y C. Zockler**, 2001: *Impact of Climate change on nature conservation*. Royal Society for the protection of Birds, 71 pp.
- Greenwald, D.N. y L.B. Brubaker**, 2001: A 5000-year record of disturbance and vegetation change in riparian forests of the Queets River, Washington, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 1375–1385.
- Griffin, K.L., O.R. Anderson, M.D. Gastrich, J.D. Lewis, G.H. Lin, W. Schuster, J.R. Seemann, D.T. Tissue, M.H. Turnbull, y D. Whitehead**, 2001: Plant growth in elevated CO₂ alters mitochondrial number and chloroplast fine structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 2473–2478.
- Griffis, T.J. y W.R. Rouse**, 2001: Modelling the interannual variability of net ecosystem CO₂ exchange at a subarctic sedge fen. *Global Change Biology*, **7**, 511–530.
- Grissom, P., M.E. Alexander, B. Cella, F. Cole, J.T. Kurth, N.P. Malotte, D.L. Martell, W. Mawdsley, J. Roessler, R. Quillin, y P.C. Ward**, 2000: Effects of climate change on management and policy: Mitigation options in the north American boreal forest. *Fire, Climate Change, And Carbon*.
- Groffman, P.M., C.T. Driscoll, T.J. Fahey, J.P. Hardy, R.D. Fitzhugh, y G.L. Tierney**, 2001: Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry*, **56**, 135–150.
- Groffman, P.M., C.T. Driscoll, T.J. Fahey, J.P. Hardy, R.D. Fitzhugh, y G.L. Tierney**, 2001: Effects of mild winter freezing on soil nitrogen and carbon dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, **56**, 191–213.
- Gross, K.L., M.R. Willig, L. Gough, R. Inouye, y S.B. Cox**, 2000: Patterns of species density and productivity at different spatial scales in herbaceous plant communities. *Oikos*, **89**, 417–427.
- Guisan, A. y J.P. Theurillat**, 2000: Equilibrium modeling of alpine plant distribution: how far can we go? *Phytocoenologia*, **30**, 353–384.
- Guo, Q.F.**, 2000: Climate change and biodiversity conservation in Great Plains agroecosystems. *Global Environmental Change Human & Policy Dimensions*.
- Guo, Q.F. y R.E. Ricklefs**, 2000: Species richness in plant genera disjunct between temperate eastern Asia and North America. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **134**, 401–423.
- Gurevitch, J., P.S. Curtis, y M.H. Jones**, 2001: Meta-analysis in ecology. In: *Advances in Ecological Research*, Vol 32, 199–247.
- Haas, G. y F. Wetterich**, 2000: Optimizing agri-environmental program to reduce negative environmental impact in the Allgaeu region using life cycle assessment. *Berichte Uber Landwirtschaft*, **78**, 92–105 (en alemán).
- Haas, G., F. Wetterich, y U. Kopke**, 2001: Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **83**, 43–53.
- Haberle, S.G., G.S. Hope, y S. van der Kaars**, 2001: Biomass burning in Indonesia and Papua New Guinea: natural and human induced fire events in the fossil record. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **171**, 259–268.
- Haberle, S.G. y M.P. Ledru**, 2001: Correlations among charcoal records of fires from the past 16,000 years in Indonesia, Papua New Guinea, and Central and South America. *Quaternary Research*, **55**, 97–104.
- Hager, C., G. Wurth, y G.H. Kohlmaier**, 1999: Biomass of forest stands under climatic change: a German case study with the Frankfurt biosphere model (FBM). *Tellus Series B Chemical & Physical Meteorology*, **51**, 385–401.
- Hall, G.M.J., S.K. Wiser, R.B. Allen, P.N. Beets, y C.J. Goulding**, 2001: Strategies to estimate national forest carbon stocks from inventory data: the 1990 New Zealand baseline. *Global Change Biology*, **7**, 389–403.
- Hamilton, J.G., R.B. Thomas, y E.H. Delucia**, 2001: Direct and indirect effects of elevated CO₂ on leaf respiration in a forest ecosystem. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 975–982.
- Hansell, R.I.C., J.R. Malcolm, H. Welch, R.L. Jefferies, y P.A. Scott**, 1998: Atmospheric change and biodiversity in the arctic. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 303–325.
- Hansen, A. y V. Dale**, 2001: Biodiversity in US forests under global climate change. *Ecosystems*, **4**, 161–163.
- Hansen, A.J., R.R. Neilson, V.H. Dale, C.H. Flather, L.R. Iverson, D.J. Currie, S. Shafer, R. Cook, y P.J. Bartlein**, 2001: Global change in forests: Responses of species, communities, and biomes. *Bioscience*, **51**, 765–779.
- Hanson, P.J. y J.F. Weltzin**, 2000: Drought disturbance from climate change: response of United States forests [Review]. *Science of the Total Environment*, **262**, 205–220.
- Hanson, P.J., D.E. Todd, y J.S. Amthor**, 2001: A six-year study of sapling and large-tree growth and mortality responses to natural and induced variability in precipitation and throughfall. *Tree Physiology*, **21**, 345–358.
- Hantemirov, R.M.**, 2000: The 4309-year Tree-Ring Chronology from Yamal Peninsular and its Application to the Reconstruction of the Climate of the Past in the Northern Part of West Siberia. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 287–301 (en ruso).
- Harrison, R.D.**, 2000: Repercussions of El Niño: drought causes extinction and the breakdown of mutualism in Borneo. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological*.
- Harrison, P.A., P.M. Berry, y T.E. Dawson**, 2001: Climate change and nature conservation in Britain and Ireland. In: *Modelling natural resource responses to climate change (the MONARCH project)*, Oxford, 283.
- Harrison, R.D.**, 2001: Drought and the consequences of El Niño in Borneo: a case study of figs. *Population Ecology*, **43**, 63–75.
- Harte, J.**, 1988: *Consider a Spherical Cow: A Course in Environmental Problem Solving*. University Science Books.
- Hawkins, R.**, 2000: The use of economic instruments and green taxes to complement an environmental regulatory regime. *Water, Air, & Soil Pollution*, **123**, 379–393.
- Hazel, P. y S. Wood**, 2000: From science to technology adoption: the role of policy research in improving natural resource management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 385–393.
- He, H.S., D.J. Mladenoff, y T.R. Crow**, 1999: Linking an ecosystem model and a landscape model to study forest species response to climate warming. *Ecological Modelling*, **114**, 213–233.
- Hebda, R.**, 1998: Atmospheric change, forests and biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 195–212.
- Hector, A., B. Schmid, C. Beierkuhnlein, M.C. Caldeira, M. Diemer, P.G. Dimitrakopoulos, J.A. Finn, H. Freitas, P.S. Giller, J. Good, R. Harris, P. Hogberg, K. Huss-Danell, J. Joshi, A. Jumpponen, C. Körner, P.W. Leadley, M. Loreau, A. Minns, C.P.H. Mulder, G. O'Donovan, S.J. Otway, J.S. Pereira, A. Prinz, D.J. Read, M. Scherer-Lorenzen, E.D. Schulze, A.S.D. Siamantziouras, E.M. Spehn, A.C. Terry, A.Y. Troumbis, F.I. Woodward, S. Yachi, y J.H. Lawton**, 1999: Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, **286**, 1123–1127.

- Hector, A., A.J. Beale, A. Minns, S.J. Otway, y J.H. Lawton, 2000:** Consequences of the reduction of plant diversity for litter decomposition: effects through litter quality and microenvironment. *Oikos*, **90**, 357–371.
- Heijmans, M.M.P.D., F. Berendse, W.J. Arp, A.K. Masselink, H. Klees, W. De Visser, y N. van Breemen, 2001:** Effects of elevated carbon dioxide and increased nitrogen deposition on bog vegetation in the Netherlands. *Journal of Ecology*, **89**, 268–279.
- Hely, C., M. Flannigan, Y. Bergeron, y D. McRae, 2001:** Role of vegetation and weather on fire behavior in the Canadian mixedwood boreal forest using two fire behavior prediction systems. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 430–441.
- Herbert, T.D., J.D. Schuffert, D. Andreasen, L. Heusser, M. Lyle, A. Mix, A.C. Ravelo, L.D. Stott, y J.C. Herguera, 2001:** Collapse of the California Current during glacial maxima linked to climate change on land. *Science*, **293**, 71–76.
- Herrick, J.D. y R.B. Thomas, 2001:** No photosynthetic down-regulation in sweetgum trees (*Liquidambar styraciflua* L.) after three years of CO₂ enrichment at the Duke Forest FACE experiment. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 53–64.
- Hidalgo, H.C., J.A. Dracup, G.M. MacDonald, y J.A. King, 2001:** Comparison of tree species sensitivity to high and low extreme hydroclimatic events. *Physical Geography*, **22**, 115–134.
- Higgins, S.I., D.M. Richardson, y R.M. Cowling, 2000:** Using a dynamic landscape model for planning the management of alien plant invasions. *Ecological Applications*, **10**, 1833–1848.
- Hinderer, M., 2001:** Late Quaternary denudation of the Alps, valley and lake fillings and modern river loads [Review]. *Geodinamica Acta*, **14**, 231–263.
- Hiscock, K.M., D.H. Lister, R.R. Boar, y F.M.L. Green, 2001:** An integrated assessment of long-term changes in the hydrology of three lowland rivers in eastern England. *Journal of Environmental Management*, **61**, 195–214.
- Hitz, C., M. Egli, y P. Fitze, 2001:** Below-ground and above-ground production of vegetational organic matter along a climosequence in alpine grasslands. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, **164**, 389–397.
- Hoek, W.Z., 2001:** Vegetation response to the similar to 14.7 and similar to 11.5 ka cal. BP climate transitions: is vegetation lagging climate? *Global & Planetary Change*, **30**, 103–115.
- Hoffmann, J., 1999:** Influence of climate change on natural vegetation in cultural landscape. *Ber. Landwirtsch.*, **77**, 94–98 (en alemán).
- Hoffmann, B.D., 2000:** Changes in ant species composition and community organisation along grazing gradients in semi-arid rangelands of the Northern Territory. *The Rangeland Journal*, **22**, 171–189.
- Hogg, E.H., 2001:** Modeling aspen responses to climatic warming and insect defoliation in western Canada. *Sustaining Aspen In Western Landscapes: Symposium Proceedings*, **18**, 325–338.
- Hohenwallner, D. y H.G. Zechmeister, 2001:** Factors influencing bryophyte species richness and populations in urban environments: a case study. *Nova Hedwigia*, **73**, 87–96.
- Holling, C.S., 2001:** Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems [Review]. *Ecosystems*, **4**, 390–405.
- Holmgren, M. y M. Scheffer, 2001:** El Niño as a window of opportunity for the restoration of degraded arid ecosystems. *Ecosystems*, **4**, 151–159.
- Hossell, J.E., B. Briggs, y I.R. Hepburn, 2000:** *Climate change and UK nature conservation: A review of the impact of climate change on UK species and habitat conservation policy*. Department of the Environment, Transport and the Regions, London, 73 pp.
- Howden, S.M., G.M. McKeon, H. Meinke, M. Entel, y N. Flood, 2001:** Impacts of climate change and climate variability on the competitiveness of wheat and beef cattle production in Emerald, north-east Australia. *Environment International*, **27**, 155–160.
- Howden, S.M., J.L. Moore, G.M. McKeon, y J.O. Carter, 2001:** Global change and the mulga woodlands of southwest Queensland: greenhouse gas emissions, impacts, and adaptation. *Environment International*, **27**, 161–166.
- Hu, F.S., B.P. Finney, y L.B. Brubaker, 2001:** Effects of holocene Alnus expansion on aquatic productivity, nitrogen cycling, and soil development in southwestern Alaska. *Ecosystems*, **4**, 358–368.
- Hudon, C., 2000:** Phytoplankton assemblages in the St. Lawrence River, downstream of its confluence with the Ottawa River Quebec, Canada. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **57**, 16–30.
- Humphreys, W.F., 2000:** Karst wetlands biodiversity and continuity through major climatic change: An example from arid tropical western Australia. *Biodiversity In Wetlands: Assessment, Function And*.
- Huntley, B. y H.J.B. Birks, 1983:** *An atlas of past and present pollen maps for Europe, 0–13,000 years ago*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huntley, B., R. Baxter, K.J. Lewthwaite, S.G. Willis, y J.K. Adamson, 1998:** Vegetation responses to local climatic changes induced by a water-storage reservoir. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **7**, 241–257.
- Hurd, B., N. Leary, R. Jones, y J. Smith, 1999:** Relative regional vulnerability of water resources to climate change. *Journal of the American Water Resources Association*, **35**, 1399–1409.
- Huttl, R.F., B.U. Schneider, y E.P. Farrell, 2000:** Forests of the temperate region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology & Management*, **132**, 83–96.
- Hyvarinen, J., 2001:** World environment—Getting organised. *The World Today*, **57**, 25–27.
- Imbert, D., I. Bonheme, E. Saur, y C. Bouchon, 2000:** Floristics and structure of the *Pterocarpus officinalis* swamp forest in Guadeloupe, Lesser Antilles. *Journal of Tropical Ecology*, **16**, 55–68.
- Insarov, G.E. y I.D. Insarova, 2000:** Estimation of Lichen Sensitivity to Climatic Changes. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 106–121 (en ruso).
- Insarov, G. y I. Insarova, 2001:** Lichen monitoring in the context of climate change and biodiversity study. In: *The Makhteshim Country: a laboratory of nature. Geological and ecological studies in the desert region of Israel* [Krasnov, B. y E. Mazor (eds.)]. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, Russian Federation, 323–332.
- Ireland, L.C., 2000:** Ice storms and forest impacts. *Science of the Total Environment*, **262**, 231–242.
- Isaev, A.S., T.M. Ovshinnikov, E.N. Palnikova, B.G. Suhovolsky, y O.V. Tarasova, 1999:** Assessment of ‘forest-insects’ interrelations in boreal forests in context of possible climate change. *Lesovedenie*, **6**, 39–44 (en ruso).
- Iverson, L.R. y A.M. Prasad, 2001:** Potential changes in tree species richness and forest community types following climate change. *Ecosystems*, **4**, 186–199.
- Ivonin, V.M. y N.M. Makarova, 1993:** Soil conservation role of farm forestation. *Eurasian Soil Science*, **25**, 49–62.
- Izrael, Y.A. y A.V. Tsyban, 2000:** *Dynamics of Bering Sea and Chuckchee Sea ecosystems*. Nauka Publishers, Moscow, 375 pp. (en ruso).
- Jaber, J.O., M.S. Mohsen, S.D. Probert, y M. Alees, 2001:** Future electricity-demands and greenhouse-gas emissions in Jordan. *Applied Energy*, **69**, 1–18.
- Jackson, S.T. y D.K. Singer, 1997:** Climate change and the development of coastal plain disjunctions in the central great lakes region. *Rhodora*, **99**, 101–117.
- Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B.J. Bourque, R.H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J.A. Estes, T.P. Hughes, S. Kidwell, C.B. Lange, H.S. Lenihan, J.M. Pandolfi, C.H. Peterson, R.S. Steneck, M.J. Tegner, y R.R. Warner, 2001:** Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems [Review]. *Science*, **293**, 629–638.
- Jamieson, N., D. Barraclough, M. Unkovich, y R. Monaghan, 1998:** Soil dynamics in a natural calcareous grassland under a changing climate. *Biology & Fertility of Soils*, **27**, 267–273.
- Jenkins, J.C., R.A. Birdsey, y Y. Pan, 2001:** Biomass and NPP estimation for the mid-Atlantic region (USA) using plot-level forest inventory data. *Ecological Applications*, **11**, 1174–1193.
- Jin, H.L., G.R. Dong, Z.Z. Su, y L.Y. Sun, 2001:** Reconstruction of the spatial patterns of desert/loess boundary belt in North China during the Holocene [Review]. *Chinese Science Bulletin*, **46**, 969–975.
- Jobbagy, E.G. y R.B. Jackson, 2000:** Global controls of forest line elevation in the northern and southern hemispheres. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **9**, 253–268.

- Johnsen, K.**, L. Samuelson, R. Teskey, S. McNulty, y T. Fox, 2001: Process models as tools in forestry research and management. *Forest Science*, **47**, 2–8.
- Johnson, D.W.**, R.B. Susfalk, H.L. Gholz, y P.J. Hanson, 2000: Simulated effects of temperature and precipitation change in several forest ecosystems. *Journal of Hydrology*, **235**, 183–204.
- Johnston, K.M.** y O.J. Schmitz, 1997: Wildlife and climate change—assessing the sensitivity of selected species to simulated doubling of atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, **3**, 531–544.
- Jones, R.N.**, 2001: An environmental risk assessment/management framework for climate change impact assessments. *Natural Hazards*, **23**, 197–230.
- Jones, R.N.**, T. McMahon, y J.M. Bowler, 2001: Modelling historical lake levels and recent climate change at three closed lakes, Western Victoria, Australia (c.1840–1990). *Journal of Hydrology*, **246**, 159–180.
- Jonsson, M.** y B. Malmqvist, 2000: Ecosystem process rate increases with animal species richness: evidence from leaf-eating, aquatic insects. *Oikos*, **89**, 519–523.
- Joshi, J.**, D. Matthies, y B. Schmid, 2000: Root hemiparasites and plant diversity in experimental grassland communities. *Journal of Ecology*, **88**, 634–644.
- Joyce, L.A.**, J. Aber, S. McNulty, V. Dale, A.J. Hansen, L. Irland, R.P. Neilson, y K. Skog, 2001: Forests. In: *Climate Change Impacts: The Potential Consequences of Climate Variability and Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 489–524.
- Justice, C.**, D. Wilkie, Q.F. Zhang, J. Brunner, y C. Donoghue, 2001: Central African forests, carbon and climate change. *Climate Research*, **17**, 229–246.
- Kammenga, J.E.**, C.A.M. Van Gestel, y E. Hornung, 2001: Switching life-history sensitivities to stress in soil invertebrates. *Ecological Applications*, **11**, 226–238.
- Kanae, S.**, T. Oki, y K. Musiak, 2001: Impact of deforestation on regional precipitation over the Indochina Peninsula. *Journal of Hydrometeorology*, **2**, 51–70.
- Kanowski, J.**, 2001: Effects of elevated CO₂ on the foliar chemistry of seedlings of two rainforest trees from north-east Australia: Implications for folivorous marsupials. *Austral Ecology*, **26**, 165–172.
- Kappelle, M.**, M.M.I. Van Vuuren, y P. Baas, 1999: Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity & Conservation*, **8**, 1383–1397.
- Karl, D.M.**, R.R. Bidigare, y R.M. Letelier, 2001: Long-term changes in plankton community structure and productivity in the North Pacific Subtropical Gyre: The domain shift hypothesis. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*.
- Kashkarov, A.D.** y V.L. Kashkarova, 2000: Forest ecosystems of Kas Plain (Western Siberia) under global climate change stress. *Lesovedenie*, **3**, 12–21 (en ruso).
- Keane, R.E.**, M. Austin, C. Field, A. Huth, M.J. Lexer, D. Peters, A. Solomon, y P. Wyckoff, 2001: Tree mortality in gap models: Application to climate change [Review]. *Climatic Change*, **51**, 509–540.
- Kellomäki, S.**, I. Rouvinen, H. Peltola, H. Strandman, y R. Steinbrecher, 2001: Impact of global warming on the tree species composition of boreal forests in Finland and effects on emissions of isoprenoids. *Global Change Biology*, **7**, 531–544.
- Kenny, G.J.**, W. Ye, T. Flux, y R.A. Warrick, 2001: Climate variations and New Zealand agriculture: the CLIMPACTS system and issues of spatial and temporal scale. *Environment International*, **27**, 189–194.
- Kerr, J.T.**, 2001: Butterfly species richness patterns in Canada: Energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. *Conservation Ecology*, **5**, 131–147.
- Kettle, W.D.**, P.M. Rich, K. Kindscher, G.L. Pittman, y P. Fu, 2000: Land-use history in ecosystem restoration: A 40-year study in the prairie-forest ecotone. *Restoration Ecology*, **8**, 307–317.
- Kharuk, V.I.**, T.A. Burenina, y E.F. Fedotova, 1999: Analysis of the forest-tundra ecotone using remote sensing data. *Lesovedenie*, **3**, 59–67 (en ruso).
- Kickert, R.N.**, G. Tonella, A. Simonov, y S.V. Krupa, 1999: Predictive modeling of effects under global change. *Environmental Pollution*, **100**, 87–132.
- Killham, K.** y C. Yeomans, 2001: Rhizosphere carbon flow measurement and implications: from isotopes to reporter genes. *Plant & Soil*, **232**, 91–96.
- King, J.S.**, K.S. Pregitzer, D.R. Zak, M.E. Kubiske, J.A. Ashby, y W.E. Holmes, 2001: Chemistry and decomposition of litter from *Populus tremuloides* Michaux grown at elevated atmospheric CO₂ and varying N availability. *Global Change Biology*, **7**, 65–74.
- King, J.S.**, K.S. Pregitzer, D.R. Zak, M.E. Kubiske, y W.E. Holmes, 2001: Correlation of foliage and litter chemistry of sugar maple, *Acer saccharum*, as affected by elevated CO₂ and varying N availability, and effects on decomposition. *Oikos*, **94**, 403–416.
- King, J.S.**, K.S. Pregitzer, D.R. Zak, J. Sober, J.G. Isebrands, R.E. Dickson, G.R. Hendrey, y D.F. Karnosky, 2001: Fine-root biomass and fluxes of soil carbon in young stands of paper birch and trembling aspen as affected by elevated atmospheric CO₂ and tropospheric O₃. *Oecologia*, **128**, 237–250.
- Kitzberger, T.**, T.W. Swetnam, y T.T. Veblen, 2001: Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño-Southern Oscillation. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **10**, 315–326.
- Klepeis, P.** y B.L. Turner, 2001: Integrated land history and global change science: the example of the Southern Yucatan Peninsular Region project. *Land Use Policy*, **18**, 27–39.
- Klooster, D.** y O. Masera, 2000: Community forest management in Mexico: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global Environmental Change Human & Policy Dimensions*.
- Knapp, A.K.**, J.M. Briggs, y J.K. Koelliker, 2001: Frequency and extent of water limitation to primary production in a mesic temperate grassland. *Ecosystems*, **4**, 19–28.
- Knapp, R.A.**, P.S. Corn, y D.E. Schindler, 2001: The introduction of nonnative fish into wilderness lakes: Good intentions, conflicting mandates, and unintended consequences. *Ecosystems*, **4**, 275–278.
- Knight, J.**, 1997: A tale of two forests—reforestation discourse in Japan and beyond. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, **3**, 711–730.
- Knops, J.M.H.**, D. Wedin, y D. Tilman, 2001: Biodiversity and decomposition in experimental grassland ecosystems. *Oecologia*, **126**, 429–433.
- Knorr, W.** y M. Heimann, 2001: Uncertainties in global terrestrial biosphere modeling 1. A comprehensive sensitivity analysis with a new photosynthesis and energy balance scheme. *Global Biogeochemical Cycles*, **15**, 207–225.
- Koleff, P.** y K.J. Gaston, 2001: Latitudinal gradients in diversity: real patterns and random models. *Ecography*, **24**, 341–351.
- Koop, G.** y L. Tole, 2001: Country ‘choices’ or deforestation paths: A method for global change analysis of human-forest interactions. *Journal of Environmental Management*, **63**, 133–148.
- Körner, C.**, 1998: Tropical forests in a CO₂-rich world. *Climatic Change*, **39**, 297–315.
- Körner, C.**, 2000: Biosphere responses to CO₂ enrichment [Review]. *Ecological Applications*, **10**, 1590–1619.
- Koskela, J.**, 2001: Responses of gas exchange and growth in Merkus pine seedlings to expected climatic changes in Thailand. *Global Change Biology*, **7**, 641–656.
- Kotze, D.C.** y T.G. O’Connor, 2000: Vegetation variation within and among palustrine wetlands along an altitudinal gradient in KwaZulu-Natal, South Africa. *Plant Ecology*, **146**, 77–96.
- Kovacs-Lang, E.**, G. Kroel-Dulay, M. Kertesz, G. Fekete, S. Bartha, J. Mika, I. Dobi-Wantuch, T. Redei, K. Rajkai, y I. Hahn, 2000: Changes in the composition of sand grasslands along a climatic gradient in Hungary and implications for climate change. *Phytocoenologia*, **30**, 385–407.
- Kozharinov, A.V.** y O.V. Morozova, 1997: Floristic biodiversity in Eastern Europe and climate. *Lesovedenie*, **1**, 14–25 (en ruso).
- Kozłowski, T.T.**, 2000: Responses of woody plants to human-induced environmental stresses: Issues, problems, and strategies for alleviating stress [Review]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **19**, 91–170.
- Kronberg, B.I.** y M.J. Watt, 2000: The precariousness of North American boreal forests. *Environmental Monitoring & Assessment*, **62**, 261–272.

- Kucharik, C.J., K.R. Brye, J.M. Norman, J.A. Foley, S.T. Gower, y L.G. Bundy, 2001:** Measurements and modeling of carbon and nitrogen cycling in agroecosystems of southern Wisconsin: Potential for SOC sequestration during the next 50 years. *Ecosystems*, **4**, 237–258.
- Kullman, I.L., 2001:** 20th century climate warming and tree-limit rise in the southern Scandes of Sweden. *Ambio*, **30**, 72–80.
- Kutiel, P., H. Kutiel, y H. Lavee, 2000:** Vegetation response to possible scenarios of rainfall variations along a Mediterranean-extreme arid climatic transect. *Journal of Arid Environments*, **44**, 277–290.
- Kutsch, W.L., W. Steinborn, M. Herbst, R. Baumann, T. Barkmann, y L. Kappen, 2001:** Environmental indication: A field test of an ecosystem approach to quantify biological self-organization. *Ecosystems*, **4**, 49–66.
- Lackner, K.S. y P. Grimes, 1999:** The Case for Carbon Dioxide Extraction from Air. *The Energy Industry's Journal of Issues*, **57**, 6–10.
- Lackner, K.S. y P. Grimes, 1999:** *Carbon Dioxide Extraction from Air?* Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM.
- Lackner, K.S. y H.J. Ziock, 1999:** Carbon Dioxide Extraction from Air: Is it an Option? Proceedings of the 24th International Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, Clearwater, Florida.
- Lackner, K.S. y R. Wilson, 2000:** Free-Market Approach to Controlling Carbon Dioxide Emissions to the Atmosphere: A discussion of the scientific basis. In: *Global Warming and Energy Policy* [Kursunoglu, B.N., S.L. Mintz y A. Perlmutter (eds.)]. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Fort Lauderdale.
- Lafleur, P.M., T.J. Griffis, y W.R. Rouse, 2001:** Interannual variability in net ecosystem CO₂ exchange at the arctic treeline. *Arctic Antarctic & Alpine Research*, **33**, 149–157.
- Lahmer, W., B. Pftzner, y A. Becker, 2001:** Assessment of land use and climate change impacts on the mesoscale. *Physics & Chemistry of the Earth Part B—Hydrology Oceans & Atmosphere*, **26**, 565–575.
- Lake, P.S., M.A. Palmer, P. Biro, J. Cole, A.P. Covich, C. Dahm, J. Gibert, W. Goedkoop, K. Martens, y J. Verhoeven, 2000:** Global change and the biodiversity of freshwater ecosystems: Impacts on linkages between above-sediment and sediment biota. *Bioscience*, **50**, 1099–1107.
- Larocque, I., R.I. Hall, y E. Grahn, 2001:** Chironomids as indicators of climate change: a 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland). *Journal of Paleolimnology*, **26**, 307–322.
- Larson, D.L., 1995:** Effects of climate on numbers of northern prairie wetlands. *Climatic Change*, **30**, 169–180.
- Laurance, W.F., 1999:** Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biological Conservation*, **91**, 109–117.
- Laurance, W.F., 2001:** Future shock: forecasting a grim fate for the Earth. *Trends in Ecology & Evolution*, **16**, 531–533.
- Lavoie, C., 2001:** Reconstructing the late-Holocene history of a subalpine environment (Charlevoix, Quebec) using fossil insects. *Holocene*, **11**, 89–99.
- Lawes, M.J., H.A.C. Eeley, y S.E. Piper, 2000:** The relationship between local and regional diversity of indigenous forest fauna in KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Biodiversity & Conservation*, **9**, 683–705.
- Le Roux, X., A. Lacointe, A. Escobar-Gutierrez, y S. Le Dizes, 2001:** Carbon-based models of individual tree growth: A critical appraisal [Review]. *Annals of Forest Science*, **58**, 469–506.
- Lee, S.E., M.C. Press, J.A. Lee, T. Ingold, y T. Kurttila, 2000:** Regional effects of climate change on reindeer: a case study of the Muotkatunturi region in Finnish Lapland. *Polar Research*, **19**, 99–105.
- Lee, D.E., W.G. Lee, y N. Mortimer, 2001:** Where and why have all the flowers gone? Depletion and turnover in the New Zealand Cenozoic angiosperm flora in relation to palaeogeography and climate. *Australian Journal of Botany*, **49**, 341–356.
- Lee, T.D., M.G. Tjoelker, D.S. Ellsworth, y P.B. Reich, 2001:** Leaf gas exchange responses of 13 prairie grassland species to elevated CO₂ and increased nitrogen supply. *New Phytologist*, **150**, 405–418.
- Legendre, L., C. Courties, y M. Troussellier, 2001:** Flow cytometry in oceanography 1989–1999: Environmental challenges and research trends. *Cytometry*, **44**, 164–172.
- Lennon, J.J., J.J.D. Greenwood, y J.R.G. Turner, 2000:** Bird diversity and environmental gradients in Britain: a test of the species-energy hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, **69**, 581–598.
- Leppakoski, E. y S. Olenin, 2001:** The meltdown of biogeographical peculiarities of the Baltic Sea: The interaction of natural and man-made processes. *Ambio*, **30**, 202–209.
- Leps, J., V.K. Brown, T.A.D. Len, D. Gormsen, K. Hedlund, J. Kailova, G.W. Korthals, S.R. Mortimer, C. Rodriguez-Barrueco, J. Roy, I.S. Regina, C. van Dijk, y W.H. van der Putten, 2001:** Separating the chance effect from other diversity effects in the functioning of plant communities. *Oikos*, **92**, 123–134.
- Lessmann, J.M., H. Brix, V. Bauer, O.A. Clevering, y F.A. Comin, 2001:** Effect of climatic gradients on the photosynthetic responses of four *Phragmites australis* populations. *Aquatic Botany*, **69**, 109–126.
- Leuschner, C., K. Backes, D. Hertel, F. Schipka, U. Schmitt, O. Terborg, y M. Runge, 2001:** Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. *Forest Ecology & Management*, **149**, 33–46.
- Levin, L.A., D.F. Boesch, A. Covich, C. Dahm, C. Erseus, K.C. Ewel, R.T. Kneib, A. Moldenke, M.A. Palmer, P. Snelgrove, D. Strayer, y J.M. Weslawski, 2001:** The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity [Review]. *Ecosystems*, **4**, 430–451.
- Levis, S., J.A. Foley, y D. Pollard, 1999:** Potential high-latitude vegetation feedbacks on CO₂-induced climate change. *Geophysical Research Letters*, **26**, 747–750.
- Lewis, C.F.M., D.L. Forbes, B.J. Todd, E. Nielsen, L.H. Thorleifson, P.J. Henderson, I. McMartin, T.W. Anderson, R.N. Betcher, W.M. Buhay, S.M. Burbidge, C.J. Schroder-Adams, J.W. King, K. Moran, C. Gibson, C.A. Jarrett, H.J. Kling, W.L. Lockhart, W.M. Last, G.L.D. Matile, J. Risberg, C.G. Rodrigues, A.M. Telka, y R.E. Vance, 2001:** Uplift-driven expansion delayed by middle Holocene desiccation in Lake Winnipeg, Manitoba, Canada. *Geology*, **29**, 743–746.
- Lewis, J.D., M. Lucash, D. Olszyk, y D.T. Tingey, 2001:** Seasonal patterns of photosynthesis in Douglas fir seedlings during the third and fourth year of exposure to elevated CO₂ and temperature. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 539–548.
- Lexer, M.J. y K. Honninger, 2001:** A modified 3D-patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes [Review]. *Forest Ecology & Management*, **144**, 43–65.
- Li, C., M.D. Flannigan, y I.G.W. Corns, 2000:** Influence of potential climate change on forest landscape dynamics of west-central Alberta. *Canadian Journal of Forest Research Journal Canadien de la Recherche*.
- Li, D.M. y Z.W. Guo, 2000:** Some aspects of ecological modeling developments in China. *Ecological Modelling*, **132**, 3–10.
- Liu, H.Y., H.T. Cui, y Y.M. Huang, 2001:** Detecting Holocene movements of the woodland-steppe ecotone in northern China using discriminant analysis. *Journal of Quaternary Science*, **16**, 237–244.
- Loehle, C., 2000:** Forest ecotone response to climate change: sensitivity to temperature response functional forms. *Canadian Journal of Forest Research*, **30**, 1632–1645.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J.P. Grime, A. Hector, D.U. Hooper, M.A. Huston, D. Raffaelli, y B. Schmid, 2001:** ECOLOGY: Biodiversity and Ecosystem Functioning—Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 804–810.
- Loya, Y., K. Sakai, K. Yamazato, Y. Nakano, H. Sambali, y R. van Woesik, 2001:** Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecology Letters*, **4**, 122–131.
- Lugo, A.E., 2000:** Effects and outcomes of Caribbean hurricanes in a climate change scenario. *Science of the Total Environment*, **262**, 243–251.
- Lugo, A.E., 2001:** Biodiversity management in the 21st. century. *Interciencia*, **26**, 484 (en español).
- Lundin, L., M. Aastrup, L. Bringmark, S. Brakenhielm, H. Hultberg, K. Johansson, K. Kindbom, H. Kvarnas, y S. Lofgren, 2001:** Impacts from deposition on Swedish forest ecosystems identified by integrated monitoring. *Water, Air, & Soil Pollution*, **130**, 1031–1036.
- Luo, Y., B. Medlyn, D. Hui, D. Ellsworth, J. Reynolds, y G. Katul, 2001:** Gross primary productivity in Duke Forest: Modeling synthesis of CO₂ experiment and eddy-flux data. *Ecological Applications*, **11**, 239–252.

- Luo, Y.Q., S.Q. Wan, D.F. Hui, y L.L. Wallace, 2001: Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie. *Nature*, **413**, 622–625.
- Luo, Y.Q., L.H. Wu, J.A. Andrews, L. White, R. Matamala, K.V.R. Schafer, y W.H. Schlesinger, 2001: Elevated CO₂ differentiates ecosystem carbon processes: Deconvolution analysis of Duke Forest FACE data. *Ecological Monographs*, **71**, 357–376.
- Lynch, A.H. y W.L. Wu, 2000: Impacts of fire and warming on ecosystem uptake in the boreal forest. *Journal of Climate*, **13**, 2334–2338.
- Lyons, J., S.W. Trimble, y L.K. Paine, 2000: Grass versus trees: Managing riparian areas to benefit streams of central North America [Review]. *Journal of the American Water Resources Association*, **36**, 919–930.
- Lyons, K.G. y M.W. Schwartz, 2001: Rare species loss alters ecosystem function—invasion resistance. *Ecology Letters*, **4**, 358–365.
- MacIver, D.C., 1998: Atmospheric change and biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 177–189.
- MacIver, D.C. y N. Urquiza, 2000: Atmospheric change and biodiversity: Co-networks and networking. *Environmental Monitoring & Assessment*, **61**, 93–100.
- Makinen, H., P. Nojd, y K. Mielikainen, 2000: Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. *Canadian Journal of Forest Research*, **30**, 769–777.
- Manchester, S.J. y J.M. Bullock, 2000: The impacts of non-native species on UK biodiversity and the effectiveness of control [Review]. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 845–864.
- Mark, A.F., K.J.M. Dickinson, y R.G.M. Hofstede, 2000: Alpine vegetation, plant distribution, life forms, and environments in a perhumid New Zealand region: Oceanic and tropical high mountain affinities [Review]. *Arctic Antarctic & Alpine Research*, **32**, 240–254.
- Marsh, A.C.W., S. Poulton, y S. Harris, 2001: The Yellow-necked Mouse *Apodemus flavicollis* in Britain: status and analysis of factors affecting distribution [Review]. *Mammal Review*, **31**, 203–227.
- Maruta, E. y T. Nakano, 1999: The effects of environmental stresses on conifers in the subalpine area of the central Japan. *Japanese Journal of Ecology*, **49**, 293–300 (en japonés).
- Mason, O.K., P.M. Bowers, y D.M. Hopkins, 2001: The early Holocene Milankovitch thermal maximum and humans: adverse conditions for the Denali complex of eastern Beringia. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 525–548.
- Matejka, F., J. Roznovsky, y T. Hortalova, 1999: Structure of the energy balance equation of a forest stand from the viewpoint of a potential climatic change. *Journal of Forest Science*, **45**, 385–391.
- Mayer, P.M. y S.M. Galatowitsch, 2001: Assessing ecosystem integrity of restored prairie wetlands from species production-diversity relationships. *Hydrobiologia*, **443**, 177–185.
- Mazepa, V.S., 2000: Dendroclimatic reconstruction of Summer Air Temperatures Since 1690 in Subarctic regions of Siberia. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 170–187 (en ruso).
- McCarthy, J.P., 2001: Ecological consequences of Recent Climate Change. *Conservation Biology*, **15**, 320–331.
- McCollin, D., L. Moore, y T. Sparks, 2000: The flora of a cultural landscape: environmental determinants of change revealed using archival sources. *Biological Conservation*, **92**, 249–263.
- McGlone, M.S., 2001: A late Quaternary pollen record from marine core P69, southeastern North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics*, **44**, 69–77.
- McGlone, M.S., 2001: The origin of the indigenous grasslands of southeastern South Island in relation to pre-human woody ecosystems. *New Zealand Journal of Ecology*, **25**, 1–15.
- McMichael, A.J., 2001: Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proceedings of the Nutrition Society*, **60**, 195–201.
- McMurtrie, R.E., B.E. Medlyn, y R.C. Dewar, 2001: Increased understanding of nutrient immobilization in soil organic matter is critical for predicting the carbon sink strength of forest ecosystems over the next 100 years. *Tree Physiology*, **21**, 831–839.
- McNulty, S.G. y J.D. Aber, 2001: US national climate change assessment on forest ecosystems: An introduction. *Bioscience*, **51**, 720–722.
- Medlyn, B.E., R.E. McMurtrie, R.C. Dewar, y M.P. Jeffreys, 2000: Soil processes dominate the long-term response of forest net primary productivity to increased temperature and atmospheric CO₂ concentration. *Canadian Journal of Forest Research*.
- Mermut, A.R. y H. Eswaran, 2001: Some major developments in soil science since the mid-1960s. *Geoderma*, **100**, 403–426.
- Mertens, S., I. Nijs, M. Heuer, F. Kockelbergh, L. Beyens, A. Van Kerckvoorde, y I. Impens, 2001: Influence of high temperature on end-of-season tundra CO₂ exchange. *Ecosystems*, **4**, 226–236.
- Meyer, G.A., 2001: Recent large-magnitude floods and their impact on valley-floor environments of northeastern Yellowstone. *Geomorphology*, **40**, 271–290.
- Middelkoop, H., K. Daamen, D. Gellens, W. Grabs, J.C.J. Kwadijk, H. Lang, B. Parmet, B. Schadler, J. Schulla, y K. Wilke, 2001: Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the rhine basin. *Climatic Change*, **49**, 105–128.
- Middelkoop, H. y J.C.J. Kwadijk, 2001: Towards integrated assessment of the implications of global change for water management—The Rhine experience. *Physics & Chemistry of the Earth Part B—Hydrology Oceans & Atmosphere*, **26**, 553–560.
- Middleton, E.M., J.R. Herman, E.A. Celarier, J.W. Wilkinson, C. Carey, y R.J. Rusin, 2001: Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America. *Conservation Biology*, **15**, 914–929.
- Miglietta, F., M.R. Hoosbeek, J. Foot, F. Gigon, A. Hassinen, M. Heijmans, A. Peressotti, T. Saarinen, N. van Breemen, y B. Wallen, 2001: Spatial and temporal performance of the MiniFACE (Free Air CO₂ Enrichment) system on bog ecosystems in northern and central Europe. *Environmental Monitoring & Assessment*, **66**, 107–127.
- Milchunas, D.G. y W.K. Lauenroth, 2001: Belowground primary production by carbon isotope decay and longterm root biomass dynamics. *Ecosystems*, **4**, 139–150.
- Mind'as, J., J. Skvarenina, K. Strelcova, y T. Priwitzer, 2000: Influence of climatic changes on Norway spruce occurrence in the West Carpathians. *Journal of Forest Science*, **46**, 249–259.
- Mirschel, W., A. Schultz, y K.O. Wenkel, 2001: Assessing the impact of land use intensity and climate change on ontogenesis, biomass production, and yield of northeast German agro-landscapes Tenhunen JD, Lenz R, Hantschel R. *Ecosystem Approaches To Landscape Management In Central Europe*, **147**, 299–313.
- Mitchell, S.W. y F. Csillag, 2001: Assessing the stability and uncertainty of predicted vegetation growth under climatic variability: northern mixed grass prairie. *Ecological Modelling*, **139**, 101–121.
- Mittelbach, G.G., C.F. Steiner, S.M. Scheiner, K.L. Gross, H.L. Reynolds, R.B. Waide, M.R. Willig, S.I. Dodson, y L. Gough, 2001: What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology*, **82**, 2381–2396.
- Miyaniishi, K. y E.A. Johnson, 2001: Comment—A re-examination of the effects of fire suppression in the boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 1462–1466.
- Moayeri, M., F.R. Meng, P.A. Arp, y N.W. Foster, 2001: Evaluating critical soil acidification loads and exceedances for a deciduous forest at the Turkey Lakes Watershed. *Ecosystems*, **4**, 555–567.
- Mooney, H.A. y R.J. Hobbs, 2000: *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington.
- Moorcroft, P.R., G.C. Hurtt, y S.W. Pacala, 2001: A method for scaling vegetation dynamics: The ecosystem demography model (ED) [Review]. *Ecological Monographs*, **71**, 557–585.
- Moore, P.D., 1997: More evidence that global climate change can reduce biodiversity. *Fisheries*, **22**, 50–51.
- Moore, J.L., S.M. Howden, G.M. McKeon, J.O. Carter, y J.C. Scanlan, 2001: The dynamics of grazed woodlands in southwest Queensland, Australia and their effect on greenhouse gas emissions. *Environment International*, **27**, 147–153.
- Morgan, J.A., D.R. LeCain, A.R. Mosier, y D.G. Milchunas, 2001: Elevated CO₂ enhances water relations and productivity and affects gas exchange in C₃ and C₄ grasses of the Colorado shortgrass steppe. *Global Change Biology*, **7**, 451–466.

- Morgan, M.G., L.F. Pitelka, y E. Shevliakova**, 2001: Elicitation of expert judgments of climate change impacts on forest ecosystems. *Climatic Change*, **49**, 279–307.
- Morgan, P., C.C. Hardy, T.W. Swetnam, M.G. Rollins, y D.G. Long**, 2001: Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wildland Fire*, **10**, 329–342.
- Morita, S.**, 2000: Effects of high air temperature on ripening in rice plants. Analysis of ripening performance under climate conditions by changing in cropping seasons and/or transferring pots from lowland to upland. *Japanese Journal of Crop Science*, **69**, 400–405 (en japonés).
- Morrison, I.K. y N.W. Foster**, 2001: Fifteen-year change in forest floor organic and element content and cycling at the Turkey Lakes Watershed. *Ecosystems*, **4**, 545–554.
- Morton, R.A., J.L. Gonzalez, G.I. Lopez, y I.D. Correa**, 2000: Frequent non-storm washover of barrier islands, Pacific coast of Colombia. *Journal of Coastal Research*, **16**, 82–87.
- Mosnaim, A.**, 2001: Estimating CO₂ abatement and sequestration potentials for Chile. *Energy Policy*, **29**, 631–640.
- Moss, R.**, 2001: Second extinction of capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Scotland? *Biological Conservation*, **101**, 255–257.
- Moss, R., J. Oswald, y D. Baines**, 2001: Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *Journal of Animal Ecology*, **70**, 47–61.
- Motta, R. y P. Nola**, 2001: Growth trends and dynamics in sub-alpine forest stands in the Varaita Valley (Piedmont, Italy) and their relationships with human activities and global change. *Journal of Vegetation Science*, **12**, 219–230.
- Mouillot, D., J.M. Culioli, J.B. Wilson, J.P. Frodello, F. Mouillot, A. Lepretre, y B. Marchand**, 2001: Number, length, area or biomass: Can there be intermediates? *Ecoscience*, **8**, 264–267.
- Mulder, C.P.H., J. Koricheva, K. Huss-Danell, P. Hogberg, y J. Joshi**, 1999: Insects affect relationships between plant species richness and ecosystem processes. *Ecology Letters*, **2**, 237–246.
- Mulder, C.P.H., D.D. Uliassi, and D.F. Doak**, 2001: Physical stress and diversity-productivity relationships: The role of positive interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 6704–6708.
- Mulder, P. and J. Van den Bergh**, 2001: Evolutionary economic theories of sustainable development [Review]. *Growth & Change*, **32**, 110–134.
- Munasinghe, M.**, 2001: Exploring the linkages between climate change and sustainable development: A challenge for transdisciplinary research. *Conservation Ecology*, **5**, 303–311.
- Myers, A.A.**, 1997: Biographic barriers and the development of marine biodiversity. *Estuarine Coastal Shelf Science*, **44**, 241–248.
- Myers, N.**, 1996: The worlds forests—Problems and potentials [Review]. *Environmental Conservation*, **23**, 156–168.
- Naeem, S., D.R. Hahn, and G. Schuurman**, 2000: Producer-decomposer co-dependency influences biodiversity effects. *Nature*, **403**, 762–764.
- Neff, J.C. and G.P. Asner**, 2001: Dissolved organic carbon in terrestrial ecosystems: Synthesis and a model [Review]. *Ecosystems*, **4**, 29–48.
- Nepstad, D., G. Carvalho, A.C. Barros, A. Alencar, J.P. Capobianco, J. Bishop, P. Moutinho, P. Lefebvre, U.L. Silva, y E. Prins**, 2001: Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology & Management*, **154**, 395–407.
- Newman, Y.C., L.E. Sollenberger, K.J. Boote, L.H. Allen, y R.C. Littell**, 2001: Carbon dioxide and temperature effects on forage dry matter production. *Crop Science*, **41**, 399–406.
- Ni, J., X.S. Zhang, y J.M.O. Scurlock**, 2001: Synthesis and analysis of biomass and net primary productivity in Chinese forests. *Annals of Forest Science*, **58**, 351–384.
- Nicholson, S.E.**, 2001: Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries [Review]. *Climate Research*, **17**, 123–144.
- Nijs, I. y I. Impens**, 2000: Underlying effects of resource use efficiency in diversity-productivity relationships. *Oikos*, **91**, 204–208.
- Nijs, I. y I. Impens**, 2000: Biological diversity and probability of local extinction of ecosystems. *Functional Ecology*, **14**, 46–54.
- Nijs, I. y J. Roy**, 2000: How important are species richness, species evenness and interspecific differences to productivity? A mathematical model. *Oikos*, **88**, 57–66.
- Niklaus, P.A., E. Kandeler, P.W. Leadley, B. Schmid, D. Tscherko, y C. Körner**, 2001: A link between plant diversity, elevated CO₂ and soil nitrate. *Oecologia*, **127**, 540–548.
- Niklaus, P.A., P.W. Leadley, B. Schmid, y C. Körner**, 2001: A long-term field study on biodiversity x elevated CO₂ interactions in grassland. *Ecological Monographs*, **71**, 341–356.
- Norby, R.J., M.F. Cotrufo, P. Ineson, E.G. O'Neill, y J.G. Canadell**, 2001: Elevated CO₂, litter chemistry, and decomposition: a synthesis [Review]. *Oecologia*, **127**, 153–165.
- Norby, R.J., K. Ogle, P.S. Curtis, F.W. Badeck, A. Huth, G.C. Hurtt, T. Kohyama, y J. Penuelas**, 2001: Aboveground growth and competition in forest gap models: An analysis for studies of climatic change [Review]. *Climatic Change*, **51**, 415–447.
- Norby, R.J., D.E. Todd, J. Fults, y D.W. Johnson**, 2001: Allometric determination of tree growth in a CO₂-enriched sweetgum stand. *New Phytologist*, **150**, 477–487.
- Noss, R.F.**, 2001: Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change [Review]. *Conservation Biology*, **15**, 578–590.
- Novacek, M.J. y E.E. Cleland**, 2001: The current biodiversity extinction event: Scenarios for mitigation and recovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 5466–5470.
- Nystrom, M. y C. Folke**, 2001: Spatial resilience of coral reefs [Review]. *Ecosystems*, **4**, 406–417.
- O'Brien, K.L.**, 1998: Tropical deforestation and climate change: What does the record reveal? *Professional Geographer*, **50**, 140–153.
- Oenema, O., G. Velthof, y P. Kuikman**, 2001: Technical and policy aspects of strategies to decrease greenhouse gas emissions from agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**, 301–315.
- Ojima, D.S., B.O.M. Dirks, E.P. Glenn, C.E. Owensby, y J.O. Scurlock**, 1993: Assessment of C budget for grasslands and drylands of the world. *Water, Air, & Soil Pollution*, **70**, 95–109.
- Olivo, M.D., E. Letthern, C.P. Ramos, y M. Sosa**, 2001: Land loss at the Venezuelan coast due to sea level rise. *Interciencia*, **26**, 463 (en español).
- Olsson, P. y C. Folke**, 2001: Local ecological knowledge and institutional dynamics for ecosystem management: A study of Lake Racken Watershed, Sweden. *Ecosystems*, **4**, 85–104.
- Oren, R., D.S. Ellsworth, K.H. Johnsen, N. Phillips, B.E. Ewers, C. Maier, K.V.R. Schafer, H. McCarthy, G. Hendrey, S.G. McNulty, y G.G. Katul**, 2001: Soil fertility limits carbon sequestration by forest ecosystems in a CO₂-enriched atmosphere. *Nature*, **411**, 469–472.
- Ottersen, G., B. Planque, A. Belgrano, E. Post, P.C. Reid, y N.C. Stenseth**, 2001: Ecological effects of the North Atlantic Oscillation [Review]. *Oecologia*, **128**, 1–14.
- Pakeman, R.J., M.G. Le Duc, y R.H. Marrs**, 2000: Bracken distribution in Great Britain: Strategies for its control and the sustainable management of marginal land. *Annals of Botany*, **85**, 37–46.
- Panario, D. y G. Pineiro**, 1997: Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. *Climate Research*, **9**, 67–72.
- Panyushkina, I.P. y D.V. Ovchinnikov**, 1999: Influence of climate on radial growth dynamics of larch in Altai Mountains. *Lesovedenie*, **6**, 22–32 (en ruso).
- Pardos, J.A.**, 1999: Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono. Fuera de ser., **1**, 93–99 (en español).
- Park, C.**, 1994: Environmental issues [Review]. *Progress in Physical Geography*, **18**, 411–424.
- Parsons, D.J., A.C. Armstrong, J.R. Turnpenny, A.M. Matthews, K. Cooper, y J.A. Clark**, 2001: Integrated models of livestock systems for climate change studies. 1. Grazing systems. *Global Change Biology*, **7**, 93–112.
- Pavlov, A.V. y G.F. Gravis**, 2000: Permafrost and modern climate. *Nature (Russia)*, **4**, 10–18 (en ruso).

- Pearce, D.**, 1999: Economic analysis of global environmental issues: global warming, stratospheric ozone and biodiversity. *Handbook of Environmental And Resource Economics*.
- Pearson, D.L.** y **S.S. Carroll**, 2001: Predicting patterns of tiger beetle (Coleoptera : Cicindelidae) species richness in northwestern South America. *Studies on Neotropical Fauna & Environment*, **36**, 125–136.
- Perez-Harguindeguy, N.**, **S. Diaz**, **J.H.C. Cornelissen**, **F. Vendramini**, **M. Cabido**, y **A. Castellanos**, 2000: Chemistry and toughness predict leaf litter decomposition rates over a wide spectrum of functional types and taxa in central Argentina. *Plant & Soil*, **218**, 21–30.
- Perlack, R.D.**, **R.L. Graham**, y **A.M.G. Prasad**, 1993: Land-use management and carbon sequestering in sub-saharan africa. *Journal of Environmental Systems*, **22**, 199–210.
- Petchey, O.L.**, **P.T. McPhearson**, **T.M. Casey**, y **P.J. Morin**, 1999: Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature*, **402**, 69–72.
- Petchey, O.L.**, 2000: Species diversity, species extinction, y ecosystem function. *American Naturalist*, **155**, 696–702.
- Peters, H.A.**, **B. Baur**, **F. Bazzaz**, y **C. Korner**, 2000: Consumption rates and food preferences of slugs in a calcareous grassland under current and future CO₂ conditions. *Oecologia*, **125**, 72–81.
- Peterson, C.J.**, 2000: Catastrophic wind damage to North American forests and the potential impact of climate change. *Science of the Total Environment*, **262**, 287–311.
- Peterson, A.T.**, **V. Sanchez-Cordero**, **J. Soberon**, **J. Bartley**, **R.W. Buddemeier**, y **A.G. Navarro-Siguenza**, 2001: Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling*, **144**, 21–30.
- Phoenix, G.K.**, **D. Gwynn-Jones**, **T.V. Callaghan**, **D. Sleep**, y **J.A. Lee**, 2001: Effects of global change on a subarctic heath: effects of enhanced UV-B radiation and increased summer precipitation. *Journal of Ecology*, **89**, 256–267.
- Pichler, A.**, 1999: What is the influence of climate change on alpine zone? *Osterr. Forst-Ztg*, **110**, 15–16 (en alemán).
- Pilliod, D.S.** y **C.R. Peterson**, 2001: Local and landscape effects of introduced trout on amphibians in historically fishless watersheds. *Ecosystems*, **4**, 322–333.
- Pintado, A.**, **L.G. Sancho**, y **F. Valladares**, 2001: The influence of microclimate on the composition of lichen communities along an altitudinal gradient in the maritime Antarctic. *Symbiosis*, **31**, 69–84.
- Pitman, A.J.**, **T.B. Durbridge**, **A. Hendersonsellers**, y **K. McGuffie**, 1993: Assessing climate model sensitivity to prescribed deforested landscapes. *International Journal of Climatology*, **13**, 879–898.
- Plantinga, A.J.** y **T. Mauldin**, 2001: A method for estimating the cost of CO₂ mitigation through afforestation. *Climatic Change*, **49**, 21–40.
- Poiani, K.A.** y **W.C. Johnson**, 1993: Potential effects of climate change on a semi-permanent prairie wetland. *Climatic Change*, **24**, 213–232.
- Polle, A.**, **I. McKee**, y **L. Blaschke**, 2001: Altered physiological and growth responses to elevated CO₂ in offspring from holm oak (*Quercus ilex* L.) mother trees with lifetime exposure to naturally elevated CO₂. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 1075–1083.
- Polley, H.W.**, 1997: Implications of rising atmospheric carbon dioxide concentration for rangelands [Review]. *Journal of Range Management*, **50**, 562–577.
- Polsen, M.**, 1997: Comparison of plant species diversity between Hill-evergreen forest and different ages of swidden area of Karen and Lisu in Mae Taeng Watershed, Changwat Chiang Mai. M.S. thesis (Forestry), Bangkok, Kasetsart University.
- Polsky, C.** y **W.E. Easterling**, 2001: Adaptation to climate variability and change in the US Great Plains: A multi-scale analysis of Ricardian climate sensitivities. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **85**, 133–144.
- Polyak, V.J.** y **Y. Asmerom**, 2001: Late Holocene climate and cultural changes in the southwestern United States. *Science*, **294**, 148–151.
- Porter, W.P.**, **S. Budaraju**, **W.E. Stewart**, y **N. Ramankutty**, 2000: Calculating climate effects on birds and mammals: Impacts on biodiversity, conservation, population parameters, and global community structure. *American Zoologist*, **40**, 597–630.
- Potter, B.E.**, **R.M. Teclaw**, y **J.C. Zasada**, 2001: The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. *Agricultural & Forest Meteorology*, **106**, 331–336.
- Price, D.T.** y **M.J. Apps**, 1996: Boreal forest responses to climate-change scenarios along an ecoclimatic transect in central Canada. *Climatic Change*, **34**, 179–190.
- Price, M.V.** y **N.M. Waser**, 2000: Responses of subalpine meadow vegetation to four years of experimental warming. *Ecological Applications*, **10**, 811–823.
- Price, D.T.**, **N.E. Zimmermann**, **P.J. van der Meer**, **M.J. Lexer**, **P. Leadley**, **I.T.M. Jorritsma**, **J. Schaber**, **D.F. Clark**, **P. Lasch**, **S. McNulty**, **J.G. Wu**, y **B. Smith**, 2001: Regeneration in gap models: Priority issues for studying forest responses to climate change [Review]. *Climatic Change*, **51**, 475–508.
- Prieur-Richard, A.H.**, **S. Lavorel**, **K. Grigulis**, y **A. Dos Santos**, 2000: Plant community diversity and invasibility by exotics: invasion of Mediterranean old fields by *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis*. *Ecology Letters*, **3**, 412–422.
- Pringle, C.M.**, 2001: Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective [Review]. *Ecological Applications*, **11**, 981–998.
- Pritchard, S.G.**, **H.H. Rogers**, **M.A. Davis**, **E. Van Santen**, **S.A. Prior**, y **W.H. Schlesinger**, 2001: The influence of elevated atmospheric CO₂ on fine root dynamics in an intact temperate forest. *Global Change Biology*, **7**, 829–837.
- Peñuelas, J.** and **I. Filella**, 2001: Penology: Responses to a warming world. *Science*, **294**, 793–795.
- Peñuelas, J.**, **I. Filella**, y **P. Comas**, 2002: Changed plant and animal life cycles from 1952–2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, en impresión.
- Pussinen, A.**, **T. Karjalainen**, **S. Kellomaki**, y **R. Makipaa**, 1997: Potential contribution of the forest sector to carbon sequestration in Finland. *Biomass & Bioenergy*, **13**, 377–387.
- Qian, H.** y **R.E. Ricklefs**, 2000: Large-scale processes and the Asian bias in species diversity of temperate plants. *Nature*, **407**, 180–182.
- Rajora, O.P.** y **A. Mosseler**, 2001: Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources. *Euphytica*, **118**, 197–212.
- Randolph, S.E.**, 2001: The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London—Series B: Biological Sciences*, **356**, 1045–1056.
- Rasse, D.P.**, **L. Francois**, **M. Aubinet**, **A.S. Kowalski**, **I. Vande Walle**, **E. Laitat**, y **J.C. Gerard**, 2001: Modelling short-term CO₂ fluxes and long-term tree growth in temperate forests with ASPECTS. *Ecological Modelling*, **141**, 35–52.
- Ravindranath, N.H.** y **R. Sukumar**, 1998: Climate change and tropical forests in India. *Climatic Change*, **39**, 563–581.
- Reaser, J.K.**, **R. Pomerance**, y **P.O. Thomas**, 2000: Coral bleaching and global climate change: Scientific findings and policy recommendations. *Conservation Biology*, **14**, 1500–1511.
- Rees, M.**, **R. Condit**, **M. Crawley**, **S. Pacala**, y **D. Tilman**, 2001: Long-term studies of vegetation dynamics. *Science*, **293**, 650–655.
- Rehfeldt, G.E.**, **W.R. Wyckoff**, y **C.C. Ying**, 2001: Physiologic plasticity, evolution, and impacts of a changing climate on *Pinus contorta*. *Climatic Change*, **50**, 355–376.
- Reich, P.B.**, **J. Knops**, **D. Tilman**, **J. Craine**, **D. Ellsworth**, **M. Tjoelker**, **T. Lee**, **D. Wedin**, **S. Naeem**, **D. Bahaeddin**, **G. Hendrey**, **S. Jose**, **K. Wrage**, **J. Goth**, y **W. Bengtson**, 2001: Plant diversity enhances ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition. *Nature*, **410**, 809–812.
- Reich, P.B.**, **D. Tilman**, **J. Craine**, **D. Ellsworth**, **M.G. Tjoelker**, **J. Knops**, **D. Wedin**, **S. Naeem**, **D. Bahaeddin**, **J. Goth**, **W. Bengtson**, y **T.D. Lee**, 2001: Do species and functional groups differ in acquisition and use of C, N and water under varying atmospheric CO₂ and N availability regimes? A field test with 16 grassland species. *New Phytologist*, **150**, 435–448.
- Ren, G.**, 2000: Regional difference of holocene vegetation change and the possible migration of major trees in Northeast China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, **17**, 155–163.

- Riedo, M., D. Gyalistras, A. Grub, M. Rosset, y J. Fuhrer, 1997: Modelling grassland responses to climate change and elevated CO₂. *Acta Oecologica International Journal of Ecology*, **18**, 305–311.
- Riedo, M., D. Gyalistras, y J. Fuhrer, 2001: Pasture responses to elevated temperature and doubled CO₂ concentration: assessing the spatial pattern across an alpine landscape. *Climate Research*, **17**, 19–31.
- Rodriguez, J.P., 2001: Exotic species introductions as a challenge for the conservation of South American biodiversity. *Interciencia*, **26**, 479 (en español).
- Roelandt, C., 2001: Coupled simulation of potential natural vegetation, terrestrial carbon balance and physical land-surface properties with the ALBIOC model. *Ecological Modelling*, **143**, 191–214.
- Rogers, A.D., 2000: The role of the oceanic oxygen minima in generating biodiversity in the deep sea [Review]. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*.
- Rogers, C.E. y J.P. McCarty, 2000: Climate change and ecosystems of the Mid-Atlantic Region. *Climate Research*, **14**, 235–244.
- Roshier, D.A., P.H. Whetton, R.J. Allan, y A.I. Robertson, 2001: Distribution and persistence of temporary wetland habitats in arid Australia in relation to climate. *Austral Ecology*, **26**, 371–384.
- Roubik, D.W., 2001: Ups and downs in pollinator populations: When is there a decline? *Conservation Ecology*, **5**, 27–55.
- Rouget, M., D.M. Richardson, S.J. Milton, y D. Polakow, 2001: Predicting invasion dynamics of four alien Pinus species in a highly fragmented semi-arid shrubland in South Africa. *Plant Ecology*, **152**, 79–92.
- Roy, P.S. y S. Tomar, 2001: Landscape cover dynamics pattern in Meghalaya. *International Journal of Remote Sensing*, **22**, 3813–3825.
- Rudel, T.K., 2001: Sequestering carbon in tropical forests: Experiments, policy implications, and climatic change [Review]. *Society & Natural Resources*, **14**, 525–531.
- Ruess, L., A. Michelsen, I.K. Schmidt, y S. Jonasson, 1999: Simulated climate change affecting microorganisms, nematode density and biodiversity in subarctic soils. *Plant & Soil*, **212**, 63–73.
- Ruess, L., I.K. Schmidt, A. Michelsen, y S. Jonasson, 2001: Manipulations of a microbial based soil food web at two arctic sites—evidence of species redundancy among the nematode fauna? *Applied Soil Ecology*, **17**, 19–30.
- Rustad, L., 2001: Global change—Matter of time on the prairie. *Nature*, **413**, 578–579.
- Rustad, L.E., J.L. Campbell, G.M. Marion, R.J. Norby, M.J. Mitchell, A.E. Hartley, J.H.C. Cornelissen, y J. Gurevitch, 2001: A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming [Review]. *Oecologia*, **126**, 543–562.
- Sahagian, D., 2000: Global physical effects of anthropogenic hydrological alterations: sea level and water redistribution. *Global & Planetary Change*, **25**, 39–48.
- San Jose, J.J. y R.A. Montes, 2001: Management effects on carbon stocks and fluxes across the Orinoco Savannas [Review]. *Forest Ecology & Management*, **150**, 293–311.
- Sanchez, P.A., 2000: Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 371–383.
- Sankaran, M. y S.J. McNaughton, 1999: Determinants of biodiversity regulate compositional stability of communities. *Nature*, **401**, 691–693.
- Sauerbeck, D.R., 2001: CO₂ emissions and C sequestration by agriculture—perspectives and limitations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**, 253–266.
- Sax, D.F., 2001: Latitudinal gradients and geographic ranges of exotic species: implications for biogeography. *Journal of Biogeography*, **28**, 139–150.
- Scarascia-Mugnozza, G., H. Oswald, P. Piussi, y K. Radoglou, 2000: Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology & Management*, **132**, 97–109.
- Scherer-Lorenzen, M., 2000: Plant invasion in Germany: General aspects and impact of nitrogen deposition. In: *Invasive species in a changing world* [Mooney, H.A. y R.J. Hobbs (eds.)]. Island Press, Washington, 351–368.
- Schindler, D.E., R.A. Knapp, y P.R. Leavitt, 2001: Alteration of nutrient cycles and algal production resulting from fish introductions into mountain lakes. *Ecosystems*, **4**, 308–321.
- Schlapfer, F., 1999: Expert estimates about effects of biodiversity on ecosystem processes and services. *Oikos*, **84**, 346–352.
- Schlapfer, F. y B. Schmid, 1999: Ecosystem effects of biodiversity: A classification of hypotheses and exploration of empirical results. *Ecological Applications*, **9**, 893–912.
- Schmid, B., A. Birrer, y C. Lavigne, 1996: Genetic variation in the response of plant populations to elevated CO₂ in a nutrient-poor, calcareous grassland. In: *Carbon dioxide, populations, and communities* [Körner, C. y F.A. Bazzaz (eds.)]. Academic Press, San Diego, 31–50.
- Schneck, V. y H. Hertel, 1999: Scotch pine, Pinus sylvestris L. under climatic stress in different landscapes. *Ber. Landwirtschaft.*, **77**, 134–136 (en alemán).
- Schneider, L.C., A.P. Kinzig, E.D. Larson, y L.A. Solorzano, 2001: Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy production in Northeastern Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **84**, 207–226.
- Scholes, R.J. y I.R. Noble, 2001: Climate change—Storing carbon on land. *Science*, **294**, 1012–1013.
- Scholz, F. y M. Liesebach, 1999: Climate and forestry—contribution of research into forest ecosystems. *Berichte Über Landwirtschaft*, **77**, 59–64 (en alemán).
- Schuur, E.A.G., 2001: The effect of water on decomposition dynamics in mesic to wet Hawaiian montane forests. *Ecosystems*, **4**, 259–273.
- Schwalm, C.R. y A.R. Ek, 2001: Climate change and site: relevant mechanisms and modeling techniques. *Forest Ecology & Management*, **150**, 241–257.
- Schwartz, M.W., C.A. Brigham, J.D. Hoeksema, K.G. Lyons, M.H. Mills, y P.J. van Mantgem, 2000: Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology [Review]. *Oecologia*, **122**, 297–305.
- Schwartz, M.W., L.R. Iverson, y A.M. Prasad, 2001: Predicting the potential future distribution of four tree species in Ohio using current habitat availability and climatic forcing. *Ecosystems*, **4**, 568–581.
- Semazzi, F.H.M. y Y. Song, 2001: A GCM study of climate change induced by deforestation in Africa. *Climate Research*, **17**, 169–182.
- Shafer, C.L., 1999: National park and reserve planning to protect biological diversity: some basic elements [Review]. *Landscape & Urban Planning*, **44**, 123–153.
- Shafer, S.L., P.J. Bartlein, y R.S. Thompson, 2001: Potential changes in the distributions of western North America tree and shrub taxa under future climate scenarios. *Ecosystems*, **4**, 200–215.
- Shao, G.F., H. Bugmann, y X.D. Yan, 2001: A comparative analysis of the structure and behavior of three gap models at sites in northeastern China. *Climatic Change*, **51**, 389–413.
- Sharon, R., G. Degani, y M. Warburg, 2001: Comparing the soil macrofauna in two oak-wood forests: does community structure differ under similar ambient conditions? *Pedobiologia*, **45**, 355–366.
- Shashkin, E.A. y E.A. Vaganov, 2000: Dynamics of tree trunk section areas in different places in Siberia in context of global temperature change. *Lesovedenie*, **3**, 3–11 (en ruso).
- Shennan, I., M. Tooley, F. Green, J. Innes, K. Kennington, J. Lloyd, y M. Rutherford, 1998: Sea level, climate change and coastal evolution in Morar, northwest Scotland. *Geologie en Mijnbouw*, **77**, 247–262.
- Sherman, K., 2000: Why regional coastal monitoring for assessment of ecosystem health? *Ecosystem Health*, **6**, 205–216.
- Sherriff, R.L., T.T. Veblen, y J.S. Sibold, 2001: Fire history in high elevation subalpine forests in the Colorado Front Range. *Ecoscience*, **8**, 369–380.
- Shibata, H., H. Mitsuhashi, Y. Miyake, y S. Nakano, 2001: Dissolved and particulate carbon dynamics in a cool-temperate forested basin in northern Japan. *Hydrological Processes*, **15**, 1817–1828.
- Shoji, K. y I.S.F. Jones, 2001: The costing of carbon credits from ocean nourishment plants. *Science of the Total Environment*, **277**, 27–31.
- Silver, W.L. y R.K. Miya, 2001: Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. *Oecologia*, **129**, 407–419.

- Simberloff, D., 2000: Global climate change and introduced species in United States forests. *Science of the Total Environment*, **262**, 253–261.
- Singer, D.K., S.T. Jackson, B.J. Madsen, y D.A. Wilcox, 1996: Differentiating climatic and successional influences on long-term development of a marsh. *Ecology*, **77**, 1765–1778.
- Skiles, J.W. y J.D. Hanson, 1994: Responses of arid and semiarid watersheds to increasing carbon dioxide and climate change as shown by simulation studies. *Climatic Change*, **26**, 377–397.
- Slaymaker, O., 2001: Why so much concern about climate change and so little attention to land use change? *Canadian Geographer–Geographe Canadien*, **45**, 71–78.
- Small, E.E., L.C. Sloan, y D. Nychka, 2001: Changes in surface air temperature caused by desiccation of the Aral Sea. *Journal of Climate*, **14**, 284–299.
- Smith, C.R., M.C. Austen, G. Boucher, C. Heip, P.A. Hutchings, G.M. King, I. Koike, P.J.D. Lambshead, y P. Snelgrove, 2000: Global change and biodiversity linkages across the sediment-water interface. *Bioscience*, **50**, 1108–1120.
- Smith, J., K. Mulongoy, R. Persson, y J. Sayer, 2000: Harnessing carbon markets for tropical forest conservation: towards a more realistic assessment. *Environmental Conservation*, **27**, 300–311.
- Smith, S.D., T.E. Huxman, S.F. Zitzer, T.N. Charlet, D.C. Housman, J.S. Coleman, L.K. Fenstermaker, J.R. Seemann, y R.S. Nowak, 2000: Elevated CO₂ increases productivity and invasive species success in an arid ecosystem. *Nature*, **408**, 79–82.
- Smith, F., 2001: Historical regulation of local species richness across a geographic region. *Ecology*, **82**, 792–801.
- Smith, J.B. y J.K. Lazo, 2001: A summary of climate change impact assessments from the US Country studies program. *Climatic Change*, **50**, 1–29.
- Smith, M.D. y A.K. Knapp, 2001: Physiological and morphological traits of exotic, invasive exotic, and native plant species in tallgrass prairie. *International Journal of Plant Sciences*, **162**, 785–792.
- Smith, P., K.W. Goulding, K.A. Smith, D.S. Powlson, J.U. Smith, P. Falloon, y K. Coleman, 2001: Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**, 237–252.
- Smithers, J. y A. Blay-Palmer, 2001: Technology innovation as a strategy for climate adaptation in agriculture. *Applied Geography*, **21**, 175–197.
- Snelgrove, P., T.H. Blackburn, P.A. Hutchings, D.M. Alongi, J.F. Grassle, H. Hummel, G. King, I. Koike, P.J.D. Lambshead, N.B. Ramsing, and V. Solisweiss, 1997: The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. *Ambio*, **26**, 578–583.
- Spehn, E.M., J. Joshi, B. Schmid, M. Diemer, y C. Körner, 2000: Above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems. *Functional Ecology*, **14**, 326–337.
- Stallard, R.F., 2001: Possible environmental factors underlying amphibian decline in eastern Puerto Rico: Analysis of US government data archives. *Conservation Biology*, **15**, 943–953.
- Steinfeld, J.I., 2001: Climate change and energy options: decision making in the midst of uncertainty. *Fuel Processing Technology*, **71**, 121–129.
- Stephan, A., A.H. Meyer, y B. Schmid, 2000: Plant diversity affects culturable soil bacteria in experimental grassland communities. *Journal of Ecology*, **88**, 988–998.
- Sternberg, M., V.K. Brown, G.J. Masters, y I.P. Clarke, 1999: Plant community dynamics in a calcareous grassland under climate change manipulations. *Plant Ecology*, **143**, 29–37.
- Sternberg, L.D.L., 2001: Savanna-forest hysteresis in the tropics. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **10**, 369–378.
- Stocks, B.J., M.A. Fosberg, M.B. Wotton, T.J. Lynham, y K.C. Ryan, 2000: Climate change and forest fire activity in North American boreal forests. *Fire, Climate Change, And Carbon*.
- Stohlgren, T.J., A.J. Owen, y M. Lee, 2000: Monitoring shifts in plant diversity in response to climate change: a method for landscapes. *Biodiversity & Conservation*, **9**, 65–86.
- Stolte, K.W., 2001: Forest Health Monitoring and Forest Inventory Analysis programs monitor climate change effects in forest ecosystems. *Human & Ecological Risk Assessment*, **7**, 1297–1312.
- Stork, N.E., 2001: The management implications of canopy research. *Plant Ecology*, **153**, 313–317.
- Strengbom, J., A. Nordin, T. Nasholm, y L. Ericson, 2001: Slow recovery of boreal forest ecosystem following decreased nitrogen input. *Functional Ecology*, **15**, 451–457.
- Sullivan, G. y J.B. Zedler, 1999: Functional redundancy among tidal marsh halophytes: a test. *Oikos*, **84**, 246–260.
- Sutherst, R.W., 2001: The vulnerability of animal and human health to parasites under global change. *International Journal for Parasitology*, **31**, 933–948.
- Sykes, M.T., 2001: Modelling the potential distribution and community dynamics of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. ex. Loud.) in Scandinavia. *Forest Ecology & Management*, **141**, 69–84.
- Symstad, A.J., 2000: A test of the effects of functional group richness and composition on grassland invasibility. *Ecology*, **81**, 99–109.
- Symstad, A.J. y D. Tilman, 2001: Diversity loss, recruitment limitation, and ecosystem functioning: lessons learned from a removal experiment. *Oikos*, **92**, 424–435.
- Talkkari, A., 1998: The development of forest resources and potential wood yield in finland under changing climatic conditions. *Forest Ecology & Management*, **106**, 97–106.
- Tenow, O., A.C. Nilssen, B. Holmgren, y F. Elverum, 1999: An insect (*Argyresthia retinella*, Lep., Yponomeutidae) outbreak in northern birch forests, released by climatic changes? *Journal of Applied Ecology*, **36**, 111–122.
- Theurillat, J.P. y A. Guisan, 2001: Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review [Review]. *Climatic Change*, **50**, 77–109.
- Thompson, I.D., M.D. Flannigan, B.M. Wotton, y R. Suffling, 1998: The effects of climate change on landscape diversity—an example in Ontario forests. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 213–233.
- Tierney, G.L., T.J. Fahey, P.M. Groffman, J.P. Hardy, R.D. Fitzhugh, y C.T. Driscoll, 2001: Soil freezing alters fine root dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, **56**, 175–190.
- Tilman, D., 1999: The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, **80**, 1455–1474.
- Tilman, D., 1999: Ecology–Diversity and production in European grasslands. *Science*, **286**, 1099–1100.
- Tilman, D., 1999: Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **96**, 5995–6000.
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D’Antonio, A. Dobson, R. Howarth, D. Schindler, W.H. Schlesinger, D. Simberloff, y D. Swackhamer, 2001: Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, **292**, 281–284.
- Tilman, D. y C. Lehman, 2001: Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity and evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 5433–5440.
- Tilman, D., P.B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke, y C. Lehman, 2001: Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, **294**, 843–845.
- Timmerman, P., 1998: Disembodied and disembedded—the social and economic implications of atmospheric change and biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 111–122.
- Tinker, P.B., J.S.I. Ingram, y S. Struwe, 1996: Effects of slash-and-burn agriculture and deforestation on climate change. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **58**, 13–22.
- Tinner, W. y A.F. Lotter, 2001: Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology*, **29**, 551–554.
- Trewavas, A.J., 2001: The population/biodiversity paradox. Agricultural efficiency to save wilderness. *Plant Physiology*, **125**, 174–179.
- Troumbis, A.Y. y D. Memtsas, 2000: Observational evidence that diversity may increase productivity in Mediterranean shrublands. *Oecologia*, **125**, 101–108.
- UNEP/CBD/SBSTTA/6/11 (2000): Biological Diversity and Climate Change, Including Cooperation with the United Framework Convention on Climate Change. Ver: <www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-06/official/sbstta-06-11-en.doc>.

- UNEP/CBD/SBSTTA/7/7 (2001): Main Theme: Forest Biological Diversity. Consideration of specific threats to forest biological diversity: (a) climate change, (b) human-induced uncontrolled forest fires, (c) impact of unsustainable harvesting of non-timber forest resources, including bushmeat and living botanical resources. Ver: <www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-07/official/sbstta-07-07-en.doc>.
- UNEP/CBD/AHTEG-BDCC/1/2 (2001): Review of the Impact of Climate Change on Forest Biological Diversity. Ver: <www.biodiv.org/doc/meetings/tegcc/tegcc-01/official/tegcc-01-02-en.doc>.
- Uri, N.D., 2001: The potential impact of conservation practices in US agriculture on global climate change. *Journal of Sustainable Agriculture*, **18**, 109–131.
- Ustin, S.L. y Q.F. Xiao, 2001: Mapping successional boreal forests in interior central Alaska. *International Journal of Remote Sensing*, **22**, 1779–1797.
- Utset, A. y M. Borroto, 2001: A modeling-GIS approach for assessing irrigation effects on soil salinisation under global warming conditions. *Agricultural Water Management*, **50**, 53–63.
- Vaganov, E.A. y M.K. Hughes, 2000: Tree Rings and the Global Carbon Cycle. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 34–53 (en ruso).
- van Groenendaal, J., J. Ehrlén, y B.M. Svensson, 2000: Dispersal and persistence: Population processes and community dynamics. *Folia Geobotanica*, **35**, 107–114.
- Van Kooten, G.C. y G. Hauer, 2001: Global climate change: Canadian policy and the role of terrestrial ecosystems. *Canadian Public Policy*, **27**, 267–278.
- Vancura, K. y V. Sramek (eds.), 1999: *Effect of global climate change on boreal and temperate forests. Workshop proc., Jiloviste by Prague, Czech Rep., Oct. 10–14, 1994*. IUFRO, FAO, Forestry and game management research institute, Praga, 187 pp.
- VanderMeulen, M.A., A.J. Hudson, y S.M. Scheiner, 2001: Three evolutionary hypotheses for the hump-shaped productivity-diversity curve. *Evolutionary Ecology Research*, **3**, 379–392.
- Vazquez, A. y J.M. Moreno, 2001: Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain). *Forest Ecology & Management*, **147**, 55–65.
- Venäläinen, A., H. Tuomenvirta, M. Heikinheimo, S. Kellomäki, H. Peltola, H. Strandman, y H. Vaisanen, 2001: Impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. *Climate Research*, **17**, 63–72.
- Verdonshot, P.F.M., 2000: Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management. *Hydrobiologia*, **422**, 389–412.
- Vine, E.L., J.A. Sathaye, y W.R. Makundi, 2001: An overview of guidelines and issues for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of forestry projects for climate change mitigation. *Global Environmental Change—Human & Policy Dimensions*, **11**, 203–216.
- Vitousek, P.M., 1994: Beyond global warming—ecology and global change. *Ecology*, **75**, 1861–1876.
- Vucetich, J.A., D.D. Reed, A. Breyer, M. Degorski, G.D. Mroz, J. Solon, E. Roo-Zielinska, y R. Noble, 2000: Carbon pools and ecosystem properties along a latitudinal gradient in northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests. *Forest Ecology & Management*, **136**, 135–145.
- Wadsworth, R. y R. Swetnam, 1998: Modelling the impact of climate warming at the landscape scale—will bench terraces become economically and ecologically viable structures under changed climates. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **68**, 27–39.
- Waide, R.B., M.R. Willig, C.F. Steiner, G. Mittelbach, L. Gough, S.I. Dodson, G.P. Juday, y R. Parmenter, 1999: The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **30**, 257–300.
- Waiser, M.J., 2001: Nutrient limitation of pelagic bacteria and phytoplankton in four prairie wetlands. *Archiv für Hydrobiologie*, **150**, 435–455.
- Waldman, M. y Y. Shevah, 2000: Biological diversity—An overview. *Water, Air, & Soil Pollution*, **123**, 299–310.
- Wali, M.K., F. Evrendilek, T.O. West, S.E. Watts, D. Pant, H.K. Gibbs, y B.E. McClead, 1999: Assessing terrestrial ecosystem sustainability: Usefulness of regional carbon and nitrogen models. *Nature & Resources*, **35**, 21–33.
- Walker, M.D., P.J. Webber, E.H. Arnold, y D. Ebertmay, 1994: Effects of interannual climate variation on aboveground phytomass in alpine vegetation. *Ecology*, **75**, 393–408.
- Wang, F.T. y Z.C. Zhao, 1995: Impact of climate change on natural vegetation in china and its implication for agriculture. *Journal of Biogeography*, **22**, 657–664.
- Wang, G., J. Qian, G. Cheng, y Y. Lai, 2001: Eco-environmental degradation and causal analysis in the source region of the Yellow River. *Environmental Geology*, **40**, 884–890.
- Ward, D., K. Feldman, y Y. Avni, 2001: The effects of loess erosion on soil nutrients, plant diversity and plant quality in Negev desert wadis. *Journal of Arid Environments*, **48**, 461–473.
- Wardle, D.A., 1999: Is ‘sampling effect’ a problem for experiments investigating biodiversity-ecosystem function relationships? *Oikos*, **87**, 403–407.
- Watkinson, A.R. y S.J. Ormerod, 2001: Grasslands, grazing and biodiversity: editors’ introduction. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 233–237.
- WBGU, 2001: *World in transition: Conservation and sustainable use of the Biosphere*. Earthscan Publications Ltd, London y Sterling VA, 451 pp.
- Webb, T., 1988: Vegetation history of eastern North America. In: *Vegetation History* [Huntley, B. y T. Webb (eds.)]. Kluwer Academic Publishers, 385–414.
- Weckström, J. y A. Korhola, 2001: Patterns in the distribution, composition and diversity of diatom assemblages in relation to ecoclimatic factors in Arctic Lapland. *Journal of Biogeography*, **28**, 31–45.
- Weider, L.J. y A. Hobaek, 2000: Phylogeography and arctic biodiversity: a review. *Annales Zoologici Fennici*, **37**, 217–231.
- Weishampel, J.F., J.R. Godin, y G.M. Henebry, 2001: Pantropical dynamics of ‘intact’ rain forest canopy texture. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **10**, 389–397.
- Weltzin, J.F., C. Harth, S.D. Bridgman, J. Pastor, y M. Vonderharr, 2001: Production and microtopography of bog bryophytes: response to warming and water-table manipulations. *Oecologia*, **128**, 557–565.
- White, A., M.G.R. Cannell, y A.D. Friend, 2000: CO₂ stabilization, climate change and the terrestrial carbon sink. *Global Change Biology*, **6**, 817–833.
- White, A., M.G.R. Cannell, y A.D. Friend, 2000: The high-latitude terrestrial carbon sink: a model analysis. *Global Change Biology*, **6**, 227–245.
- White, T.A., B.D. Campbell, P.D. Kemp, y C.L. Hunt, 2000: Sensitivity of three grassland communities to simulated extreme temperature and rainfall events. *Global Change Biology*, **6**, 671–684.
- White, T.A., B.D. Campbell, P.D. Kemp, y C.L. Hunt, 2001: Impacts of extreme climatic events on competition during grassland invasions. *Global Change Biology*, **7**, 1–13.
- Whitlock, C. y S.H. Millspaugh, 2001: A paleoecologic perspective on past plant invasions in Yellowstone. *Western North American Naturalist*, **61**, 316–327.
- Whittaker, R.J., K.J. Willis, y R. Field, 2001: Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, **28**, 453–470.
- Wiemken, V., E. Laczko, K. Ineichen, y T. Boller, 2001: Effects of elevated carbon dioxide and nitrogen fertilization on mycorrhizal fine roots and the soil microbial community in beech-spruce ecosystems on siliceous and calcareous soil. *Microbial Ecology*, **42**, 126–135.
- Wilf, P., C.C. Labandeira, K.R. Johnson, P.D. Coley, y A.D. Cutter, 2001: Insect herbivory, plant defense, and early Cenozoic climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 6221–6226.
- Williams, J.R., 1999: Addressing global warming and biodiversity through forest restoration and coastal wetlands creation. *Science of the Total Environment*, **240**, 1–9.
- Williams, J.E., 2000: The biodiversity crisis and adaptation to climate change: A case study from Australia’s forests. *Environmental Monitoring & Assessment*, **61**, 65–74.

- Williams, A.A.J., D.J. Karoly, y N. Tapper, 2001:** The sensitivity of Australian fire danger to climate change. *Climatic Change*, **49**, 171–191.
- Williams, S.L., 2001:** Reduced genetic diversity in eelgrass transplantations affects both population growth and individual fitness [Review]. *Ecological Applications*, **11**, 1472–1488.
- Wilsey, B.J., 2001:** Effects of elevated CO₂ on the response of *Phleum pratense* and *Poa pratensis* to aboveground defoliation and root-feeding nematodes. *International Journal of Plant Sciences*, **162**, 1275–1282.
- Wirmann, D., J. Bertaux, y A. Kossoni, 2001:** Late Holocene paleoclimatic changes in Western Central Africa inferred from mineral abundance in dated sediments from Lake Ossa (southwest Cameroon). *Quaternary Research*, **56**, 275–287.
- Wiser, S.K., R.B. Allen, P.W. Clinton, y K.H. Platt, 1998:** Community structure and forest invasion by an exotic herb over 23 years. *Ecology*, **79**, 2071–2081.
- Wiser, S.K., P.J. Bellingham, y L.E. Burrows, 2001:** Managing biodiversity information: development of New Zealand's National Vegetation Survey databank [Review]. *New Zealand Journal of Ecology*, **25**, 1–17.
- Wolters, V., W.L. Silver, D.E. Bignell, D.C. Coleman, P. Lavelle, W.H. Van der Putten, P. De Ruiter, J. Rusek, D.H. Wall, D.A. Wardle, L. Brussaard, J.M. Dangerfield, V.K. Brown, K.E. Giller, D.U. Hooper, O. Sala, J. Tiedje, y J.A. Van Veen, 2000:** Effects of global changes on above- and below-ground biodiversity in terrestrial ecosystems: Implications for ecosystem functioning. *Bioscience*, **50**, 1089–1098.
- Wright, S.J., C. Carrasco, O. Calderon, y S. Paton, 1999:** The El Niño Southern Oscillation variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology*, **80**, 1632–1647.
- Wulschleger, S.D., R.B. Jackson, W.S. Currie, A.D. Friend, Y. Luo, F. Mouillot, Y. Pan, y G.F. Shao, 2001:** Below-ground processes in gap models for simulating forest response to global change. *Climatic Change*, **51**, 449–473.
- Xu, Q., 2001:** Abrupt change of the mid-summer climate in central east China by the influence of atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, **35**, 5029–5040.
- Yamaguchi, T., K. Kiritani, K. Matsuhira, y K. Fukuda, 2001:** The influence of unusual hot weather on the occurrence of several arthropod crop pests. *Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology*, **45**, 1–7 (en japonés).
- Young, B.E., K.R. Lips, J.K. Reaser, R. Ibanez, A.W. Salas, J.R. Cedeno, L.A. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J.R. Meyer, A. Munoz, F. Bolanos, G. Chaves, y D. Romo, 2001:** Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America [Review]. *Conservation Biology*, **15**, 1213–1223.
- Yue, T.X., J.Y. Liu, S.E. Jorgensen, Z.Q. Gao, S.H. Zhang, y X.Z. Deng, 2001:** Changes of Holdridge life zone diversity in all of China over half a century. *Ecological Modelling*, **144**, 153–162.
- Zalakevicius, M. y R. Zalakeviciute, 2001:** Global climate change impact on birds: a review of research in Lithuania [Review]. *Folia Zoologica*, **50**, 1–17.
- Zhang, X., 1995:** Response of the Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau to global change. In: *China Global Change Report No.2* [Duzheng, Y. y L. Hai (eds.)]. China Contribution to Global Change Studies, Science Press, Beijing, China, 203–207.
- Zhang, Q. y C.O. Justice, 2001:** Carbon emissions and sequestration potential of central African ecosystems. *Ambio*, **30**, 351–355.
- Zhao, X.Q. y X.M. Zhou, 1999:** Ecological basis of Alpine meadow ecosystem management in Tibet: Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station. *Ambio*, **28**, 642–647.
- Zhou, L.M., C.J. Tucker, R.K. Kaufmann, D. Slayback, N.V. Shabanov, y R.B. Myneni, 2001:** Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **106**, 20069–20083.
- Zolbrod, A.N. y D.L. Peterson, 1999:** Response of high-elevation forests in the Olympic Mountains to climatic change. *Canadian Journal of Forest Research*, **29**, 1966–1978.
-

Anexo B

GLOSSARIO DE TÉRMINOS

Este glosario contiene términos utilizados a lo largo del Documento Técnico y las definiciones han sido tomadas, en general, de la *Síntesis del Informe*, las contribuciones de los Grupos de Trabajo I, II, y III al *Tercer Informe de Evaluación*, y el *Informe Especial: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*. Los términos que constituyen anotaciones independientes en este glosario se muestran en cursiva.

Actividad

Práctica o conjunto de prácticas que tienen lugar en una zona definida durante un período dado.

Acuicultura

Reproducción y crianza de peces, moluscos, etc., o cultivo de plantas para alimentos en estanques especiales.

Acuífero

Estrato de roca permeable que contiene agua. Un acuífero sin limitaciones se recarga directamente por medio del agua de lluvia, ríos y lagos. La velocidad de la recarga se ve influida por la permeabilidad de las rocas y suelos en las capas superiores. Un acuífero limitado se caracteriza por un manto superior impermeable y, por lo tanto, las lluvias locales no afectan el acuífero.

Adaptación

Ajuste en *sistemas humanos* o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al *cambio climático* se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a *estímulos* climáticos previstos o reales o sus efectos, que pueden moderar el daño o explotar sus oportunidades beneficiosas. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, incluida la anticipadora y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.

Aerosoles

Grupo de partículas sólidas o líquidas aerotransportadas, con un tamaño de entre 0,01 y 10 mm que pueden sobrevivir en la *atmósfera*, al menos durante unas horas. Los aerosoles pueden tener origen natural o *antropogénico*. Los aerosoles pueden tener influencia en *el clima* de dos formas diferentes: directamente por dispersión y absorción de radiación, e indirectamente, actuando como núcleos de condensación en la formación de nubes o modificando las propiedades ópticas y tiempo de vida de las nubes.

Agrosilvicultura

Siembra de árboles y cultivos sobre el mismo terreno.

Albedo

La fracción de *radiación solar* reflejada por una superficie u objeto. A menudo se expresa como porcentaje. Las superficies

cubiertas por nieve tienen un alto nivel de albedo; el albedo de los suelos puede ser alto o bajo; las superficies cubiertas de vegetación y los océanos tienen un bajo nivel de albedo. El albedo de la Tierra varía principalmente debido a niveles diferentes de nubes, nieve, hielo, vegetación y cambios en la superficie terrestre.

Alpino

La zona biogeográfica formada por laderas por encima de la vegetación arbórea, que se caracteriza por la presencia de plantas herbáceas en forma de rosetones y plantas madereras bajas en forma de matorral y de crecimiento lento.

Antropogénico

Resultante o producido por seres humanos.

Atmósfera

La cubierta gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está formada casi en su integridad por nitrógeno (78,1 por ciento del *volumen de su mezcla*) y por oxígeno (20,9 por ciento del volumen de su mezcla), junto con una serie de pequeñas cantidades de otros gases como argón (0,93 por ciento del volumen de su mezcla), el helio, y *gases radiativos de efecto invernadero* como el *dióxido de carbono* (0,035 por ciento del volumen de su mezcla) y el *ozono*. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, en cantidades variables, pero que es normalmente de un uno por ciento del volumen de su mezcla. La atmósfera también contiene nubes y *aerosoles*.

Beneficios secundarios

Los beneficios secundarios o auxiliares de políticas orientadas exclusivamente a la *mitigación del cambio climático*. Dichas políticas tienen impacto no sólo en las *emisiones de gases de efecto invernadero*, sino también sobre la eficiencia en el uso de recursos (por ejemplo, la reducción de las emisiones al aire de contaminantes locales y regionales asociados con el uso de *combustibles fósiles*) y sobre temas como transporte, agricultura, prácticas sobre el *uso de las suelos*, empleo y seguridad en carburantes. A veces se refieren a estas ventajas como ‘efectos auxiliares’ para reflejar que, en algunos casos, los beneficios pueden ser negativos. Desde el punto de vista de políticas dirigidas a la disminución de la contaminación en el aire, también se puede considerar como beneficio secundario la mitigación de los gases de efecto invernadero, pero estas relaciones no se tienen en cuenta en esta evaluación.

Biocombustible

Combustible producido a partir de material seco orgánico o aceites combustibles producidos por plantas. Entre los ejemplos

de biocombustibles se encuentran el alcohol (a partir de azúcar fermentado), el licor negro proveniente del proceso de fabricación de papel, la madera y el aceite de soja.

Biodiversidad

La cantidad y abundancia relativa de diferentes familias (diversidad genética), especies y *ecosistemas* (comunidades) en una zona determinada. Esta definición es consecuente con la que aparece en el *Convenio de las Naciones Unidas sobre la Biodiversidad*, que se muestra en la Sección 2.1 de este documento

Bioma

Categoría amplia de animales y plantas similares que conviven en un espacio determinado o en condiciones ambientales parecidas.

Biomasa

La masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente ('biomasa muerta').

Biosfera (terrestre y marina)

La parte del sistema terrestre que comprende todos los *ecosistemas* y organismos vivos en la *atmósfera*, en la tierra (biosfera terrestre), o en los océanos (biosfera marina), incluyendo materia orgánica muerta derivada (por ejemplo, basura, materia orgánica en suelos y detritus oceánico).

Biota

Todos los organismos vivos de una zona; la flora y la fauna consideradas como una unidad.

Bombeo biológico

Los procesos biológicos marinos que retienen CO₂ y que eliminan carbono de las aguas de superficie al interior del océano, mediante el establecimiento de partículas orgánicas, y a medida que las corrientes oceánicas transportan materia orgánica disuelta, reduciendo así el contenido total de carbono de las capas en la superficie e incrementándolo en las profundidades.

Bosques

Un tipo de vegetación dominada por árboles. Muchas definiciones del término bosques se utilizan en todo el mundo, reflejando las amplias diferencias en las condiciones biogeofísicas, estructuras sociales, y economías.

Bosques boreales

Bosques de pinos, abetos y alerces que se extiende desde la costa este de Canadá hacia el oeste hasta Alaska, y que continúa desde Siberia a lo largo de Rusia hasta las llanuras europeas.

Cambio climático

El cambio climático se refiere a una importante variación estadística en el estado medio del *clima* o en su variabilidad, que persiste durante un largo período de tiempo (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del *forzamiento externo*, o bien a cambios persistentes *antropogénicos* en la composición de la *atmósfera* o en el *uso de los suelos*. Se debe tener en cuenta

que el *Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC), en su Artículo 1, define 'cambio climático' como: 'un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables'. El CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales. Ver también *Variabilidad climática*.

Cambio climático rápido

La *no linealidad* del *sistema climático* puede llevar a un rápido *cambio climático*, lo que se denomina a veces fenómenos repentinos o incluso sorpresas. Algunos de dichos cambios repentinos pueden ser imaginables, por ejemplo la rápida reorganización de la *circulación termohalina*, la rápida deglaciación, o la fusión masiva del *permafrost*, que llevaría a rápidos cambios en el *ciclo de carbono*. Otros pueden suceder inesperadamente, como consecuencia del forzamiento fuerte y rápidamente cambiante de un sistema no lineal.

Cambio en el uso de los suelos

Un cambio en el uso o manejo de las tierras por los humanos, que puede llevar a un cambio en la cubierta de dichos suelos. La cubierta de los suelos y el cambio en el uso de éstos puede tener un impacto en el *albedo*, la *evapotranspiración*, y las *fuentes* y los *sumideros* de *gases de efecto invernadero*, u otras propiedades del *sistema climático*. Puede tener igualmente un impacto en el *clima*, ya sea de manera local o mundial.

Cantidad residual de desagüe

La parte de la precipitación que no se evapora. En algunos países, la cantidad residual implica únicamente la cantidad residual de la superficie.

Cantidad residual de desagüe de la superficie

El agua que viaja sobre la superficie del suelo a la corriente más próxima; cantidad residual de desagüe de una *cuenca* que no ha pasado por debajo de la superficie desde la caída de la precipitación.

Capa de hielo

Una masa de hielo con forma de cúpula que cubre una zona alta, y que es considerablemente más pequeña que una *placa de hielo*.

Capacidad adaptativa

La capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluyendo la *variabilidad climática* y los cambios extremos) para moderar los daños potenciales, aprovecharse de las oportunidades, o para soportar las consecuencias.

Ciclo de carbono

Término utilizado para describir el flujo de carbono (en varias formas, por ejemplo el *dióxido de carbono*) a través de la *atmósfera*, océanos, *biosfera* terrestre, y *litosfera*.

Ciénaga

Una zona con deficiente capacidad de desagüe que contiene una

gran cantidad de material vegetal acumulada, rodeada con frecuencia por agua y con una flora característica (como juncias, breo y esfagno).

Circulación general

Los movimientos a gran escala de la *atmósfera* y los océanos como consecuencia del calor diferencial en la Tierra en rotación, con el objetivo de restablecer el *equilibrio energético* del sistema mediante el transporte de calor y la velocidad.

Clima

En sentido estricto, se suele definir el clima como ‘promedio del estado del tiempo’ o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades de interés durante períodos de tiempo que pueden ser de meses a miles o millones de años. El período normal es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Dichas cantidades son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más amplio el ‘clima’ es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático.

Co-beneficios

Los beneficios de las políticas que se implementan por varias razones al mismo tiempo— incluida la *mitigación del cambio climático*—reconociendo que la mayoría de las políticas diseñadas para ocuparse de la *mitigación de gases de efecto invernadero* también tienen otras razones, a menudo de la misma importancia, (por ejemplo las relacionadas con los objetivos de desarrollo, sostenibilidad y equidad). El término ‘impacto conjunto’ también se utiliza en un sentido más genérico para cubrir los aspectos positivos y negativos de los beneficios. Ver también *Beneficios secundarios*.

Combustibles fósiles

Combustibles basados en carbono de depósitos de carbono fósil, incluyendo el petróleo, gas natural y carbón.

Compartimento (reserva)

Un componente del *sistema climático*, que no sea la *atmósfera*, que tiene capacidad para almacenar, acumular o emitir una sustancia que es un motivo de preocupación (como el carbono, un *gas de efecto invernadero*, o un *precursor*). Los océanos, tierras y *bosques* son ejemplos de compartimentos de carbono. Un *yacimiento* es un término equivalente (la definición de ‘yacimiento’ incluye a menudo la *atmósfera*). La cantidad absoluta de sustancias preocupantes dentro de un compartimento en un momento determinado se denomina ‘existencias’. El término también se refiere al lugar natural de almacenamiento natural o artificial de agua, como un lago, un estanque o un acuífero, desde el que se retira el agua para riego o para su consumo.

Comunidad

Las especies (o las poblaciones de dichas especies) que tienen lugar en un espacio y tiempo determinados, aunque esto no se puede separar de los *ecosistemas*.

Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (UNCBD)

160 países firmaron este Convenio en la Cumbre sobre la Tierra, celebrada en Río de Janeiro el año 1992. Los objetivos de este Convenio, que se desean lograr acorde con sus disposiciones más importantes, son la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes, y la distribución justa y equitativa de los beneficios que surjan del empleo de recursos genéticos. El Convenio entró en vigor en 1992.

Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC)

El Convenio se adoptó el 9 de mayo de 1992 en Nueva York, y más de 150 países más la Comunidad Europea, lo firmaron en la Cumbre sobre la Tierra de 1992, celebrada en Río de Janeiro. Su objetivo es la ‘estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.’ Contiene compromisos para todas las Partes. En el Convenio, las Partes del Anexo I se comprometen a ‘hacer retornar las *emisiones de gases no controladas de efecto invernadero* por el *Protocolo de Montreal* a los niveles de 1990, hacia el año 2000. En el Convenio entró en vigor en marzo de 1994. Ver también *Protocolo de Kioto* y *Conferencia de las Partes (COP)*.

Costos de oportunidad

El coste de una actividad económica a la que se renuncia para realizar otra.

Costos sociales

Los costos sociales de una actividad incluyen el *valor* de todos los recursos utilizados en su provisión. Algunos de estos recursos tienen un precio determinado, y otros no. Los recursos sin precio se llaman externalidades. Los costos sociales son la suma de los costos de estas externalidades y los recursos con precios.

Criosfera

El componente del *sistema climático* que consiste en el conjunto de nieve, hielo, permafrost sobre y debajo de la superficie terrestre y oceánica. Ver también *Glaciar* y *Manto de hielo*.

Cubierta de la tierra

La cubierta física y biológica observada de la parte terrestre de la Tierra como vegetación o características llevadas a cabo por los hombres.

Cuenca

La zona de drenaje de una corriente, río o lago.

Cuenca hidrológica

Área que recoge y desagua agua de lluvia.

Decoloración del coral

La pérdida de color que resulta de una pérdida de algas simbióticas. La decoloración ocurre como respuesta a un shock fisiológico producido por cambios repentinos de temperatura, salinidad y limpieza del agua.

Deforestación

Conversión de *bosques* en zonas no boscosas. Para ver más información sobre el término *bosques* y temas relacionados, como *forestación*, *reforestación*, y *deforestación*, refiérase al Informe Especial del IPCC: Uso de los suelos, cambio de uso de los suelos y silvicultura (IPCC, 2000b).

Desarrollo de capacidad

En el contexto del *cambio climático*, el desarrollo de capacidad es un proceso de desarrollo de técnicas y capacidades institucionales en países en desarrollo y en los países con *economías en transición* para que puedan participar en todos los aspectos de la *adaptación*, *mitigación*, e investigación sobre el cambio climático.

Desarrollo sostenible

Desarrollo que cumple con las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cumplir con sus propias necesidades.

Desertificación

Degradación de los suelos en áreas áridas, semiáridas, y zonas subhúmedas secas que son el resultado de varios factores, incluyendo variaciones climatológicas y actividades humanas. Además, el Convenio de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación define la degradación de los suelos como una reducción o pérdida en áreas áridas, semiáridas, y subhúmedas secas de la productividad biológica o económica y en tierras de cultivo regadas por lluvia o por aspersión, pastizales, pastos, *bosques* y zonas boscosas de la complejidad como resultado del *uso de los suelos* o de un proceso o una serie de procesos determinados, entre los que se incluyen los producidos por actividades humanas y pautas de asentamiento; por ejemplo: (i) la *erosión* del suelo causada por el viento y/o el agua; (ii) el deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas o económicas del suelo; y (iii) la pérdida de vegetación natural a largo plazo.

Desierto

Un *ecosistema* con menos de 100 mm de precipitación al año.

Desplazamiento de tierras

Una masa de materiales que se desliza hacia abajo por la gravedad, a menudo ayudada por agua cuando dicho material se encuentra saturado; movimiento rápido de una masa de suelo, roca, o detritus cuesta abajo.

Dióxido de carbono (CO₂)

Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la quema de *combustibles fósiles* y *biomasa*, cambios en el *uso de los suelos* y otros procesos industriales. Es el principal *gas antropogénico de efecto invernadero* que afecta al *equilibrio de radiación* del planeta.

Economías en transición (EIT)

Países con economías nacionales en proceso de pasar de un sistema económico planificado a la economía de mercado.

Ecosistema

Un sistema de organismos vivos que interactúan junto a su entorno

físico. Los límites de lo que se puede denominar *ecosistema* son de alguna forma arbitrarios, y dependen del tema de interés o estudio. Por lo tanto, la amplitud de un *ecosistema* puede variar desde unas *escalas espaciales* muy pequeñas a, en último término, a todo el planeta.

Efecto invernadero

Los *gases de efecto invernadero* absorben la radiación infrarroja, emitida por la superficie de la Tierra, por la misma *atmósfera* debido a los mismos gases, y por las nubes. La radiación atmosférica se emite en todos los sentidos, incluso hacia la superficie terrestre. Los gases de efecto invernadero atrapan el calor dentro del sistema de la tropósfera terrestre. A esto se le denomina ‘efecto invernadero natural.’ La radiación atmosférica se vincula en gran medida a la temperatura del nivel al que se emite. En la *troposfera*, la temperatura disminuye generalmente con la altura. En efecto, la radiación infrarroja emitida al espacio se origina en altitud con una temperatura que tiene una media de -19°C, en equilibrio con la *radiación solar* neta de entrada, mientras que la superficie terrestre tiene una temperatura media mucho mayor, de unos +14°C. Un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero lleva a un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera, y por lo tanto, a una radiación efectiva en el espacio desde una altitud mayor a una temperatura más baja. Esto causa un *forzamiento radiativo*, un desequilibrio que sólo puede ser compensado con un aumento de la temperatura del sistema superficie–troposfera. A esto se denomina el ‘efecto invernadero aumentado’

Eficiencia en el uso del agua

El aumento de carbono en *fotosíntesis* por unidad de agua perdida en la *evapotranspiración*. Se puede expresar a corto plazo como la proporción de aumento de carbono fotosintético por unidad de pérdida de agua transpiracional, o de forma estacional como la proporción de *producción neta principal* o de proporción agrícola respecto a la cantidad de agua disponible.

Eficiencia energética

Proporción de la producción de energía de un proceso de conversión, o de un sistema, a su aportación de energía.

Elevación del nivel del mar

Una subida del nivel medio del océano. La elevación eustática del nivel del mar es un cambio en el nivel medio del mar producido por la alteración en el volumen mundial de los océanos. La *elevación relativa del nivel del mar* ocurre cuando existe subida neta en el nivel del océano relacionado con movimientos locales de tierras. Las *simulaciones climáticas* se concentran sobre todo en la estimación eustática del cambio del nivel del mar. Los investigadores de *impactos* se centran en los cambios relativos del nivel del mar.

Emisiones

En el contexto de *cambio climático*, se entiende por emisiones el lanzamiento de gases de *efecto invernadero* y/o sus *precursores* y *aerosoles* en la atmósfera en una zona y un período específicos.

El Niño Oscilación Austral (ENOA)

El Niño, en su sentido original, es una corriente de agua cálida

que fluye periódicamente por la costa de Ecuador y Perú, causando alteraciones en los bancos pesqueros locales. Este fenómeno oceánico se asocia a una fluctuación de pautas de presión intertropical en la superficie y una circulación en los Océanos Pacífico e Índico, llamada Oscilación Sur, o ENOA. Durante el fenómeno de El Niño, los vientos imperantes se debilitan y la contracorriente del ecuador se refuerza, lo que induce a que las aguas cálidas de la superficie en la zona de Indonesia fluyan hacia el Este para sobreponerse a las aguas frías de las corrientes de Perú. Este fenómeno tiene un gran impacto en los vientos, la temperatura de la superficie marina, y las pautas de precipitación del Pacífico tropical. Tiene efectos climáticos en toda la región del Pacífico y en muchas otras partes del mundo. El fenómeno opuesto a El Niño se llama *La Niña*.

Endémico

Restringido o peculiar de una localidad o región. En lo que se refiere a la salud humana, algo endémico es una enfermedad o agente siempre presente o normalmente frecuente en una población o área geográfica determinada.

Energía final

Energía suministrada de que dispone el consumidor, que se convierte en energía útil (por ejemplo, electricidad en la toma corriente mural).

Enfermedades infecciosas

Cualquier enfermedad que se puede transmitir de una persona a otra. Esto puede ocurrir por contacto físico directo, por la manipulación normal de un objeto que tiene organismos que pueden infectar, por un portador de la enfermedad, o por la expansión de gotitas infectadas cuando se tose o se expulsan en el aire.

Enfermedades transmitidas por vectores

Enfermedades transmitidas entre receptores por un organismo vector como un mosquito o garrapata (por ejemplo, la malaria, fiebre del dengue, y la leishmaniasis).

Equilibrio de radiación

Ver *Equilibrio energético*.

Equilibrio energético

Haciéndose una media en todo el planeta y sobre períodos largos de tiempo, el balance energético del *sistema climático* debe estar en equilibrio. Ya que el sistema climático recibe toda su energía del Sol, este equilibrio implica que, en todo el planeta, la cantidad de radiación solar recibida debe ser—por término medio—igual a la suma de la *radiación solar* reflejada saliente y la *radiación infrarroja* saliente emitida por el sistema climático. Una perturbación de este equilibrio mundial de radiación, ya sea de forma natural o provocada por el hombre, se llama *forzamiento radiativo*.

Erosión

El proceso de retirada y cambio de suelo y roca por fenómenos meteorológicos, gran cantidad de desperdicios, y la acción de corrientes, *glaciares*, olas, vientos, y aguas subterráneas.

Escala espacial y temporal

El *clima* puede variar en una amplia gama de escalas temporales y espaciales. Las escalas espaciales pueden variar de locales (menos de 100.000 km²), a regionales (100.000 a 10 millones de km²) a continentales (10 a 100 millones de km²). Las escalas temporales pueden ser estacionales o geológicas (hasta cientos de millones de años).

Escala temporal

Tiempo característico para que un proceso sea expresado matemáticamente. Ya que muchos procesos muestran la mayoría de sus efectos muy pronto, y luego pasa un largo período durante el cual gradualmente se puede expresar de manera matemática, para el propósito de este informe la escala temporal se define numéricamente como el tiempo necesario para que una perturbación en un proceso muestre al menos la mitad de su efecto final.

Escenario (genérico)

Una descripción plausible y a menudo simplificada de cómo va a evolucionar el futuro, basada en un conjunto coherente e internamente consistente de suposiciones sobre fuerzas clave impulsoras (como la velocidad del cambio de la tecnología y precios) y las relaciones entre dichos factores. Los escenarios no son predicciones y, a veces, pueden estar basados en ‘historias con narrativa’. Los escenarios se pueden derivar de las *proyecciones*, pero a menudo están basados en información adicional de otras fuentes. Ver también *Escenarios del IEEE*, *Escenario climático*, y *Escenario de emisiones*.

Escenario climático

Una representación plausible y a menudo simplificada del *clima* futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se han construido para ser utilizadas de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del *cambio climático antropogénico*, y que sirven a menudo de aportación para las simulaciones de los impactos. Las *proyecciones climáticas* sirven a menudo como materia prima para la construcción de escenarios climáticos, pero los escenarios climáticos requieren información adicional, por ejemplo acerca del clima observado en un momento determinado. Un ‘escenario de cambio climático’ es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

Escenario de emisiones

Una representación plausible del futuro desarrollo de *emisiones* de sustancias que son, en potencia, radiativamente activas (por ejemplo *gases de efecto invernadero* o *aerosoles*), basada en un conjunto de suposiciones coherentes e internamente consistentes sobre las impulsoras de este fenómeno (tales como el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico) y sus relaciones clave. Los escenarios de concentraciones, derivados a partir de los escenarios de emisiones, se utilizan como aportaciones en una *simulación climática* para calcular *proyecciones climáticas*.

Escenario de forzamiento radiativo

Una representación plausible del desarrollo futuro del *forzamiento radiativo* asociado con, por ejemplo, cambios en la composición

atmosférica o en el uso de los suelos, o en factores externos como las variaciones en *actividad solar*. Los escenarios de forzamiento radiativo se pueden utilizar como entradas en *simulaciones climáticas* simplificadas para el cálculo de *proyecciones climáticas*.

Escenarios del IEE (Informe Especial)

Los Escenarios del IEE son *escenarios de emisiones* utilizados, entre otros, como base para la realización de *proyecciones climáticas* en la contribución del GTI del IPCC al Tercer Informe de Evaluación. Los siguientes términos son de gran importancia para el buen entendimiento de la estructura y el uso del conjunto de Escenarios del IEE:

- **Familia (de escenarios):** Escenarios que tienen una *narrativa* semejante desde el punto de vista demográfico, económico, social y en cuanto a cambio técnico. Los escenarios del IEE comprenden cuatro familias de escenarios: A1, A2, B1, y B2.
- **Grupo (de escenarios):** Los escenarios dentro de una familia que reflejan una *variación narrativa consecuente*. La familia de escenarios A1 incluye cuatro grupos designados, A1T, A1C, A1G y A1B, que exploran estructuras alternativas de sistemas energéticos futuros. En el RRP, los grupos A1C y A1G se han combinado en un grupo de escenarios A1FI ‘que utiliza combustibles fósiles en gran medida’. Las otras tres familias de escenarios tienen un grupo cada una. La serie de escenarios del IEE que se refleja en el RRP consiste en seis *grupos de escenarios* diferentes, siendo todos ellos igualmente apropiados y que recogen de forma conjunta la gama de incertidumbres asociadas con los forzamientos impulsores y las emisiones.
- **Escenarios ilustrativos:** Escenario que son ilustrativos para cada uno de los seis *grupos de escenarios* reflejados en el RRP. Incluyen cuatro *marcadores de escenarios* revisados para los *grupos de escenarios* A1B, A2, B1, B2, y dos escenarios adicionales para los grupos A1FI y A1T. Todos los *grupos de escenario* son igualmente apropiados.
- **Marcador (de escenario):** escenario publicado originalmente como borrador en el sitio web del IEE para representar una determinada *familia de escenarios*. La elección de los marcadores estaba basada en la cuantificaciones iniciales que mejor reflejaban la historia y las características de las simulaciones específicas. Los marcadores no se producen con una probabilidad mayor que los otros escenarios, pero se consideran, por el equipo de redacción del IEE, como ilustrativos de una narrativa determinada. Estos escenarios han recibido un estrecho escrutinio por parte de todo el equipo de redacción, además de un amplio proceso abierto por parte del IEE. Los escenarios también se utilizan para ilustrar los otros dos *grupos de escenarios*.
- **Narrativa (de escenario):** descripción narrativa de un escenario (o familia de escenarios) que subraya las principales características del escenario, las relaciones entre las principales fuerzas impulsoras y la dinámica de su evolución.

Especie introducida

Unas especie que habita en una zona fuera de su área natural

conocida históricamente, como resultado de su dispersión accidental o una introducción deliberada por parte de los humanos (también se denomina ‘especie exótica’ o ‘especie no nativa’).

Especie invasiva

Una *especie introducida* que invade un hábitat naturales.

Estándares

Conjunto de reglas o códigos que ofrece instrucciones o define el rendimiento de un producto (por ejemplo, niveles, dimensiones, características, métodos de prueba y reglas para su uso). Los estándares internacionales *tecnológicos* y/o de productos o los estándares de rendimiento establecen unos requisitos mínimos para los productos afectados y/o las tecnologías en los países en donde se adoptan. Los estándares reducen las *emisiones de gases de efecto invernadero* asociadas con la fabricación o empleo de los productos y/o la aplicación de la tecnología.

Estímulos (relacionados con el clima)

Todos los elementos del *cambio climático*, incluidas las características media del *clima*, *variabilidad climática*, y la frecuencia y magnitud de datos extremos.

Estratosfera

La parte muy estratificada de la *atmósfera* por encima de la *troposfera* que se extiende en una media de 10 km. (de 9 km. en latitudes altas a 16 km. en los trópicos) a cerca de 50 km. Es la capa en donde la mayor parte de la capa de ozono filtra las radiaciones ultravioletas-B.

Eutrofización

El proceso por el que un cuerpo de agua (a menudo poco profundo) se hace (ya sea de forma natural o por contaminación) rico en nutrientes disueltos, con una deficiencia estacional en el oxígeno disuelto.

Evaluación de los impactos (climáticos)

La práctica de la identificación y evaluación de las consecuencias negativas y beneficiosas del *cambio climático* en *sistemas humanos* y naturales.

Evaporación

El proceso por el que un líquido se convierte en gas.

Evapotranspiración

El proceso combinado de *evaporación* de la superficie terrestre y *transpiración* de la vegetación.

Expansión térmica

En conexión con el nivel del mar, se refiere al aumento en volumen (y la disminución en densidad) que resulta del calentamiento del agua. Un calentamiento del océano lleva a una expansión del volumen del océano y, por lo tanto, a una elevación del nivel del mar.

Experimentos climáticos pasajeros y en equilibrio

Un ‘experimento climático en equilibrio’ es un experimento en el que se permite a una *simulación climática* ajustarse

completamente a un cambio en el *forzamiento radiativo*. Tales experimentos proporcionan información sobre la diferencia entre los estados inicial y final de una simulación, pero no sobre la respuesta que depende del tiempo. Si se permite que el forzamiento evolucione gradualmente según un *escenario de emisión* prescrito, se puede analizar la respuesta que depende del tiempo de una simulación climática. Dichos experimentos se denominan ‘experimentos climáticos pasajeros.’ Ver también *Proyección climática*.

Extinción

La total desaparición de especies enteras.

Fenología

El estudio de fenómenos naturales que ocurren de forma periódica (como la floración o la migración) y su relación con cambios climáticos o estacionales.

Fenómenos meteorológicos extremos

Un fenómeno meteorológico extremo es un acontecimiento que es extraño dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado. Las definiciones sobre lo que se considera ‘extraño’ pueden variar, pero un fenómeno meteorológico extremo puede ser normalmente tan extraño o más extraño que el percentil 10° o 90°. Por definición, las características de una meteorología extrema varían según los lugares. Un fenómeno *climático* extremo es una media de una serie de fenómenos meteorológicos en un período de tiempo concreto, una media que es igualmente extrema (por ejemplo la precipitación durante una estación).

Fertilización por dióxido de carbono (CO₂)

La mejora del crecimiento de las plantas como resultado de un aumento de la concentración de *dióxido de carbono* en la atmósfera. Dependiendo del mecanismo de *fotosíntesis*, ciertos tipos de plantas son más sensibles a cambios en el dióxido de carbono en la atmósfera.

Fibra

Madera, madera para combustible (ya sea leñoso o no).

Fiebre del Dengue

Una enfermedad vírica infecciosa propagada por los mosquitos que a menudo se llama fiebre de huesos rotos ya que se caracteriza por un dolor agudo en la espalda y las articulaciones. Infecciones posteriores por el virus pueden producir fiebres hemorrágicas de dengue (DHF) y síndrome de shock por dengue (DSS), que pueden causar incluso la muerte.

Fitoplancton

La forma vegetal del plancton (por ejemplo, las diatomeas). Fitoplancton son las plantas predominantes en el mar, y son la base de alimentación marina. Estos organismos de una única célula son los principales agentes para la fijación fotosintética del carbono en el océano.

Flujo de la corriente

Agua dentro de un canal de río, expresado habitualmente en m³ seg⁻¹.

Forb

Planta no maderera (como, por ejemplo hierbas y pastos).

Forestación

Siembras de nuevos *bosques* sobre terrenos que no han contenido bosques en el pasado.

Forzamiento externo

Ver *Sistema climático*.

Forzamiento radiativo

Es la medida de la influencia que tiene un factor para alterar el equilibrio de energía entrante y saliente en el sistema atmosférico de la tierra, y un indicador de la importancia del factor como mecanismo potencial para el cambio climático. Se expresa en vatios por metro cuadrado (Wm⁻²).

Fotosíntesis

El proceso por el que las plantas recogen *dióxido de carbono* (CO₂) del aire (o bicarbonato del agua) para producir carbohidratos, emitiendo oxígeno (O₂) en el proceso. Existen varias vías para fotosíntesis con diferentes respuestas a las concentraciones atmosféricas de CO₂. Ver también *Fertilización por dióxido de carbono*.

Fragmentación

División de una zona, paisaje o *habitat* en piezas separadas y definidas, a menudo como consecuencia de un cambio en el uso de las tierras.

Fuente

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que emite un *gas de efecto invernadero*, un *aerosol*, o un *precursor* de gases de efecto invernadero o aerosoles en la *atmósfera*.

Fuertes temporales marinos

La elevación temporal, en una localidad determinada, de la altura del mar debido a condiciones meteorológicas extremas (baja presión atmosférica y/o fuertes vientos). Los fuertes temporales marinos son el exceso por encima del nivel previsto de las variaciones del oleaje únicamente en ese lugar y momento.

Gama de temperaturas diurnas

La diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante un día.

Gas de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos que se encuentran en la *atmósfera*, ya sea de forma natural y los *antropogénicos*, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de *radiación infrarroja* emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el *efecto invernadero*. El vapor de agua (H₂O), *dióxido de carbono* (CO₂), *óxido nitroso* (N₂O), *metano* (CH₄), y *ozono* (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe una serie de gases totalmente producidos por el hombre de efecto invernadero en la atmósfera, como los *halocarbonos* y otras sustancias que contienen cloro y bromuro.

Geo-ingeniería

Acciones para estabilizar el sistema climático mediante la gestión del *equilibrio energético* de la Tierra, venciendo de esta manera *el efecto invernadero*.

Glaciar

Una masa de hielo que fluye hacia abajo (por deformación interna y deslizamiento de la base) limitada por la topografía que le rodea (por ejemplo, las laderas de un valle o picos alrededor); la topografía de la base de roca es la mayor influencia sobre la dinámica y la pendiente de la superficie de un glaciar. Un glaciar se mantiene por la acumulación de nieve en altitudes altas, equilibrándose por la fusión de nieve en altitudes bajas o la descarga en el mar.

Habitat

El entorno o sitio particular en donde vive un organismo o especie; una parte del entorno total pero circunscrita más localmente.

Hidrosfera

El componente del *sistema climático* compuesto de superficie líquida y aguas subterráneas, como los océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas subterráneas, etc.

Historia

Ver *Escenarios del IEEE*.

Humedad del suelo

Cantidad de agua almacenada dentro o en la superficie de las tierras que se encuentra disponible para la evaporación.

Hundimiento

El hundimiento repentino o la bajada gradual de la superficie de la Tierra con un movimiento horizontal ligero o nulo.

Impactos (climáticos)

Consecuencias del *cambio climático* en *sistemas humanos* y naturales. Dependiendo de la *adaptación*, se puede distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales.

- Impactos potenciales: Todos los impactos que pueden suceder dado un cambio proyectado en el clima, sin tener en cuenta la adaptación.
- Impactos residuales: Los impactos del cambio climático que pueden ocurrir después de la adaptación.

Implementación

Por implementación se entienden las acciones (legislativas o normativas, decretos judiciales, u otras acciones) que adoptan los gobiernos para traducir los acuerdos internacionales en políticas y leyes nacionales. Incluyen los fenómenos y actividades que tienen lugar después de dictar directivas públicas autoritativas, así como los esfuerzos para administrarlas y los impactos sobre personas y eventos. Es importante distinguir entre la implementación legal de compromisos internacionales (en leyes nacionales) y la implementación efectiva (las medidas que inducen a cambios en el comportamiento de grupos objetivo). El cumplimiento depende de si los países se adhieren a las provisiones suscritas por dicho acuerdo y en qué medida lo hacen. El cumplimiento se centra no sólo en ver si las medidas que se deben implementar se están

llevando a cabo, sino también si existe cumplimiento con las acciones que se deben implementar. El cumplimiento mide el nivel al que las partes se ajustan en cuanto a obligaciones y medidas para la implementación se refiere, ya sean dichas partes unidades gubernamentales locales, corporaciones, organizaciones o personas individuales.

Incertidumbre

Una expresión del nivel de desconocimiento de un *valor* (como el estado futuro del *sistema climático*). La incertidumbre puede ser resultado de una falta de información o de desacuerdos sobre lo que se conoce o puede conocer. Pueden existir muchos tipos de fuentes, desde errores cuantificables en los datos a conceptos o terminologías definidos ambiguamente, o *proyecciones* inciertas de conductas humanas. La incertidumbre se puede representar con valores cuantitativos (como una gama de valores calculados por varias simulaciones) o de forma cualitativa (como el juicio expresado por un equipo de expertos).

Indicador de mareas

Un dispositivo en la costa (y en algunas zonas marinas profundas) que mide constantemente el nivel del mar respecto a la tierra adyacente. La media temporal del nivel del mar registrada de esa forma proporciona el cambio secular del nivel relativo del mar observado.

Índice de calor

Una combinación de temperatura y humedad que mide los efectos sobre la comodidad en los seres humanos.

Infraestructura

El equipo básico, empresas de servicios públicos, empresas de producción, instalaciones, instituciones y servicios esenciales para el desarrollo, funcionamiento, y crecimiento de una organización, ciudad o nación. Por ejemplo, las carreteras, escuelas, electricidad, gas, y servicios de agua, el transporte, comunicación y sistemas legales se podrían considerar como infraestructuras.

Intrusión/invasión de agua salada

Desplazamiento de agua fresca, sobre la superficie o subterránea, por el avance de agua salada debido a su mayor densidad, normalmente en zonas costeras o en estuarios.

Limo

Material sedimentario suelto o no consolidado cuyas partículas de roca son más finas que los granos de arena y más grandes que las del barro.

Litosfera

La capa superior de la Tierra sólida, tanto oceánica como continental, compuesta de rocas de la corteza terrestre y la parte fría—elástica principalmente—de la parte superior del manto. La actividad volcánica, aunque es parte de la litosfera, no se considera parte del *sistema climático*, pero actúa como un componente del *forzamiento externo*.

Malaria

Enfermedad *endémica* o *epidémica* producida por parásitos

de la especie *Plasmodium* (protozoos) y transmitida por los mosquitos *Anopheles*; produce fiebres altas y problemas en todo el organismo, y mata a unos 2 millones de personas cada año.

Maleza

Especies de plantas que se dispersan con facilidad, crecen rápidamente, se establecen de inmediato y que, por lo tanto, se expanden como respuesta a los aumentos en la frecuencia de las alteraciones climáticas.

Metano (CH₄)

Un hidrocarburo que es un *gas de efecto invernadero*, producido por la descomposición anaeróbica (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de *combustibles fósiles*. El metano es uno de los seis *gases de efecto invernadero* que se desea mitigar bajo el *Protocolo de Kioto*.

Mitigación

Una intervención *antropogénica* para reducir las *fuentes* o mejorar los *sumideros de gases de efecto invernadero*.

Montana

La zona biogeográfica que consiste en pendientes frías y relativamente húmedas por debajo del límite forestal y típicamente dominada por grandes árboles de hojas perennes.

Monzón

Viento en la *circulación atmosférica general* tipificado por tener una dirección persistente estacional y un gran cambio de dirección de una estación a otra.

Mortalidad

Nivel de ocurrencia de muertes dentro de una población y dentro de un período de tiempo específico; los cálculos para determinar la mortalidad tienen en cuenta los niveles de muertes relacionados con las gamas de edades, y pueden ofrecer medidas sobre esperanza de vida y el alcance de muertes prematuras.

Niña, La

Ver *El Niño Oscilación Austral*.

Nivel de conocimiento científico

Es un índice en forma de escala de 4 pasos (Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo) diseñado para mostrar el grado de conocimiento científico sobre los agentes de *forzamiento radiativo* que afectan al *cambio climático*. Para cada agente, el índice representa un juicio subjetivo sobre la fiabilidad de la estimación de su fuerza, incluyendo factores como las suposiciones necesarias para evaluar el forzamiento, el grado de conocimiento de los mecanismos físicos/químicos que determinan el forzamiento, y las incertidumbres que rodean los cálculos cuantitativos.

Nivel medio del mar (MSL)

El nivel medio del mar se define normalmente como el nivel medio relativo del mar en un período determinado (como un año o un mes) que sea lo suficientemente largo como para

compensar fenómenos pasajeros como las olas. Ver también *Elevación del nivel del mar*.

Nivel relativo del mar

Nivel del mar medido por un indicador de mareas respecto a la tierra sobre la que se sitúa. Ver también *Nivel medio del mar*.

Obstáculos de mercado

En el contexto de la *mitigación del cambio climático*, los problemas que previenen o impiden la difusión de tecnologías o prácticas *rentables* que podrían mitigar las *emisiones de gases de efecto invernadero*.

Oportunidad

Una oportunidad es una situación o circunstancia para disminuir el vacío entre el *potencial de mercado* de cualquier *tecnología* o *práctica* y el *potencial económico*, *potencial socioeconómico*, o *potencial tecnológico*.

Oscilación Austral

Ver *El Niño Oscilación Austral*.

Oscilación del Atlántico Norte (OAN)

La Oscilación del Atlántico Norte consiste en variaciones opuestas de la presión barométrica cerca de Islandia y de las Azores. Como media, una corriente occidental, entre la zona de baja presión de Islandia y la zona de alta presión de las Azores, lleva hacia Europa ciclones con sus sistemas frontales asociados. Sin embargo, la diferencia de presión entre Islandia y las Azores fluctúa en *escalas temporales* que van desde días a decenios, y a veces se pueden invertir. Es el modo predominante de *variabilidad climática* en invierno en la región del Atlántico Norte, comprendida entre el centro de América del Norte y Europa.

Óxido nitroso (N₂O)

Un potente *gas de efecto invernadero* emitido con los usos de cultivos en tierras, especialmente el uso de fertilizadores comerciales y orgánicos, la quema de *combustibles fósiles*, la producción de ácido nítrico, y la quema de *biomasa*. Uno de los seis *gases de efecto invernadero* que se intentan reducir con el *Protocolo de Kioto*.

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Cualquiera de los óxidos de nitrógeno.

Paisaje

Grupos de ecosistemas (como bosques, ríos, lagos, etc.) que forman una entidad visible a los humanos.

Partes interesadas

Persona o entidad que tiene permisos, concesiones o cualquier otro tipo de *valor* que podría ser afectado por una política o acción determinada.

Pastizales

Tierras sin mejorar llenas de hierbas, matorros, sabana y tundra.

Permafrost

Tierras que están permanentemente congeladas, siempre que

la temperatura permanece por debajo de 0°C durante varios años.

Personas locales

Personas que practican tipos de vida tradicionales (normalmente rurales) ya sean *indígenas* o no de la región.

Placa de hielo

Masa de hielo sobre tierra que es lo suficientemente profunda como para cubrir la mayoría de la topografía rocosa subyacente, por lo que su forma está determinada principalmente por su dinámica interna (el flujo del hielo cuando se deforma internamente y se desplaza hacia la base). Una plaza de hielo fluye hacia afuera desde una planicie central alta con una pendiente media pequeña. Los márgenes de la pendiente se hacen cada vez mayores, y el hielo se descarga gracias a rápidas corrientes o *glaciares* de vaciado, en algunos casos en el mar o en *plataformas de hielo* que flotan en el mar. Existen dos grandes placas de hielo en el mundo moderno, en Groenlandia y en el Antártico. El Antártico se divide en este y oeste por las montañas transatlánticas; durante períodos glaciares existieron otras placas de hielo.

Plancton

Organismos acuáticos que se desplazan o nadan débilmente. Ver también *Fitoplancton* y *Zooplancton*.

Plantas C₃

Plantas que producen un compuesto de tres carbonos durante la *fotosíntesis*, incluyendo la mayoría de árboles y cultivos agrícolas como el arroz, trigo, brotes de soja, patatas y vegetales.

Plantas C₄

Plantas que producen un compuesto de cuatro carbonos durante la *fotosíntesis* (sobre todo tienen origen tropical), incluyendo pastos y cultivos agrícolas de importancia, como el maíz, la caña de azúcar, el sorgo y el mijo.

Plataformas de hielo

Una *placa de hielo* flotante de gran grosor unido a una costa (normalmente de gran amplitud horizontal con un nivel o unas ondulaciones leves en la superficie); a menudo es una ampliación de una placa de hielo hacia el mar.

Población

Un grupo de individuos de la misma especie que tienen lugar en un espacio/tiempo definido de forma arbitraria y que es mucho más probable que se junten entre sí que con individuos de otro grupo.

Población indígena

La población cuyos ancestros vivieron en un lugar o país cuando las personas de otra cultura o grupo étnico llegaron y les dominaron mediante una conquista, asentamiento u otros medios, y que aún viven siguiendo sus propias costumbres y tradiciones sociales, económicas y culturales, al contrario de las de los nuevos países formados en donde ahora habitan. También se conocen como ‘nativos,’ ‘aborígenes’ o ‘tribus’.

Políticas y medidas

En el *Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, se entiende por ‘políticas’ aquellas acciones que se pueden llevar u ordenar por un gobierno—a menudo junto con empresas e industrias dentro de sus propios países, además de en otros países—para acelerar la aplicación y el uso de medidas para frenar las emisiones de *gases de efecto invernadero*. Las ‘medidas’ son tecnologías, procesos y prácticas utilizadas para implementar políticas que, si se emplean, pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de niveles futuros anticipados. Entre los ejemplos se pueden incluir *impuestos* sobre carbono o sobre otras *energías*, *estándares* para mejorar la eficiencia de combustibles en automóviles, etc. Las políticas ‘comunes o coordinadas’ o ‘armonizadas’ se refieren a las adoptadas de forma conjunta por las Partes.

Potencial de mercado

La parte del *potencial económico* de las reducciones de las *emisiones de gases de efecto invernadero* o las mejoras en *eficiencia energética* que se podrían lograr en unas condiciones mercantiles previstas, suponiendo que no hay nuevas *políticas* o *medidas*. Ver también *Potencial económico*, *Potencial socioeconómico*, y *Potencial tecnológico*.

Potencial económico

El potencial económico es la parte del *potencial tecnológico* para la reducción de las *emisiones de gases de efecto invernadero* o las mejoras en *eficiencia energética* que se puede lograr de manera *rentable* con la creación de mercados, la reducción de imperfecciones en los mercados, o el aumento de transferencias financieras y tecnológicas. La consecución de potencial económico precisa unas *políticas y medidas* adicionales para echar abajo los obstáculos del mercado. Ver también *Potencial comercial*, *Potencial socioeconómico*, y *Potencial tecnológico*.

Potencial tecnológico

La cantidad por la que es posible reducir las *emisiones de gases de efecto invernadero* o mejorar la *eficiencia energética* mediante la implementación de una *tecnología* o práctica que ya ha sido demostrada. Ver también *Potencial económico*, *Potencial de mercado*, y *Potencial socioeconómico*.

Práctica

Una acción o un conjunto de acciones que afectan a las tierras, las *existencias* de las *fuentes* asociadas con ello, o que afectan de otra manera al intercambio de los *gases de efecto invernadero* con la *atmósfera*. Incluye de forma específica los proyectos y las políticas.

Precusores

Compuestos atmosféricos que no son *gases de efecto invernadero* ni *aerosoles*, pero que tienen un efecto sobre las concentraciones de gases de efecto invernadero o aerosoles, a fuerza de contribuir a los procesos físicos o químicos que regulan sus niveles de producción o destrucción.

Predicción climática

Una predicción climática es el resultado de un intento de producir la descripción o la mejor estimación de la evolución

real del *clima* en el futuro (a *escalas temporales* estacionales, interanuales o a largo plazo). Ver también *Proyección climática* y *Escenario (de cambio) climático*.

Preindustrial

Ver *Revolución Industrial*.

Producción neta de bioma (NBP)

Ganancia o pérdida neta de carbono en una región. La NBP es igual a la *Producción Neta del Ecosistema* menos la pérdida de carbono producida por una alteración (un incendio forestal o la tala de un bosque) durante un periodo dado (normalmente 1 año).

Producción neta del ecosistema (NEP)

Ganancias o pérdidas netas de carbono en un *ecosistema*. La NEP es igual a la *Producción neta principal* menos el carbono perdido a través de la *respiración* heterotrófica durante un periodo dado (normalmente 1 año).

Producción neta principal (NPP)

El aumento en *biomasa* o carbono en las plantas por una unidad de un terreno determinado. La NPP es igual a la *Producción bruta principal* menos el carbono perdido a través de la *respiración* autotrófica durante un periodo dado de tiempo (normalmente 1 año).

Producción principal bruta (GPP)

La cantidad de carbono fijado en la atmósfera a través de la *fotosíntesis* durante un periodo dado (normalmente 1 año).

Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto al *Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC) se adoptó en la Tercera Sesión de la *Conferencia de las Partes* del CMCC en 1997 en Kioto, Japón. Contiene compromisos legales vinculantes, además de los incluidos en el CMCC. Los *países del Anexo B* del Protocolo (la mayoría de los países en la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), y los países con economías en transición) acordaron la reducción de sus *emisiones antropogénicas* de *gases de efecto invernadero* (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, y hexafluoruro de sulfuro) a al menos un cinco por ciento por debajo de los niveles en 1990 durante el período de compromiso de 2008 al 2012. El Protocolo de Kioto aún no ha entrado en vigor (abril de 2002).

Proyección (genérica)

Una proyección es una evolución potencial futura de una cantidad o conjunto de cantidades, a menudo calculadas con la ayuda de una simulación. La proyección se diferencia de una ‘predicción’ para enfatizar que la proyección incluye suposiciones sobre, por ejemplo, avances tecnológicos y socioeconómicos futuros que se pueden o no realizar, y están sujetos a una gran cantidad de incertidumbre. Ver también *Proyección climática* y *Predicción climática*.

Proyección climática

Una *proyección* de la respuesta del *sistema climático* a *escenarios*

de *emisiones* o concentraciones de *gases de efecto invernadero* y *aerosoles*, o *escenarios de forzamiento radiativo*, basándose a menudo en *simulaciones climáticas*. Las proyecciones climáticas se diferencian de las *previsiones climáticas* para subrayar que las proyecciones climáticas dependen del escenario de forzamientos de emisiones/concentraciones/radiaciones utilizado los que están basados en suposiciones que tienen que ver, por ejemplo, con diferentes pautas de desarrollo socioeconómico y tecnológico que pueden ocurrir o no y, por lo tanto, están sujetos a una gran incertidumbre.

Radiación infrarroja

Radiación emitida por la superficie de la Tierra, la *atmósfera*, y las nubes. Es conocida también como radiación terrestre o de onda larga. La radiación infrarroja tiene una gama de longitudes de onda (‘espectro’) que es más larga que la longitud de onda del color rojo en la parte visible del espectro. El espectro de la radiación infrarroja es diferente al de la radiación solar o de onda corta debido a la diferencia de temperatura entre el Sol y el sistema Tierra-atmósfera.

Radiación solar

Radiación emitida por el Sol. También se denomina radiación de onda corta. La radiación solar tiene una gama específica de longitudes de onda (espectro) determinado por la temperatura del Sol. Ver también *Radiación infrarroja*.

Radiación Ultravioleta (UV)-B

Radiación solar dentro de una gama de longitudes de onda de 280–320 nm, cuya parte más grande es absorbida por el *ozono* estratosférico. El aumento de la radiación UV-B reduce la respuesta del sistema inmunitario y puede tener otros efectos adversos en organismos vivos.

Recogida

La adición de una sustancia de preocupación a una *reserva*. La recogida de sustancias que contienen carbono, en particular dióxido de carbono, se denomina a menudo *secuestro (de carbono)*. Ver también *Secuestro*.

Recursos

Los recursos son fenómenos con características geológicas y/o económicas menos ciertas, pero que son consideradas potencialmente recuperables con avances tecnológicos y económicos previstos.

Reforestación

Plantación de *bosques* en tierras que han contenido bosques previamente pero que fueron convertidas a cualquier otro uso.

Regeneración

La renovación de grupos de árboles ya sea de forma natural (ya sea en el mismo lugar o en lugares adyacentes, o por semillas depositadas por el viento, pájaros o animales) o de forma artificial (plantándolos de forma directa).

Régimen de alteración

Frecuencia, intensidad, y tipos de alteraciones, entre los que

figuran incendios, brotes de insectos o plagas, inundaciones y sequías.

Regiones áridas

Ecosistemas con menos de 250 mm de precipitación anual.

Regiones semiáridas

Ecosistemas que tienen más de 250 mm de precipitación al año pero que no son muy productivas; normalmente se clasifican como *pastizales*.

Rentabilidad

Criterio que especifica que una tecnología o medida proporciona un bien o un servicio a igual o a menor costo que la práctica actual, o la alternativa de menor costo para lograr un objetivo determinado.

Resistencia

Cantidad de cambio que puede soportar un sistema sin que cambie con ello su estado.

Respiración

El proceso por el que los organismos vivos convierten la materia orgánica en *dióxido de carbono*, emitiendo energía y consumiendo oxígeno.

Respiración heterotrófica

La conversión de materia orgánica a CO₂ por otros organismos que no sean plantas.

Respuesta

La respuesta es un mecanismo de interacción entre procesos en el sistema, cuando el resultado de un proceso inicial causa cambios en un segundo proceso que, a su vez, influye al primero. Una respuesta positiva intensifica el proceso original, y una negativa lo reduce. Ver *Respuesta climática*.

Respuesta climática

La respuesta climática es un mecanismo de interacción entre procesos en el *sistema climático*, cuando el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, afecta al primero. Una respuesta positiva intensifica el proceso original, y una negativa lo reduce.

Respuesta climática transitoria

El aumento medio de la temperatura del aire en la superficie, sobre un período de 20 años, centrada en la época de duplicación del CO₂ (por ejemplo, en el año 70 en un 1 por ciento por año, para un experimento de aumento de CO₂ con una *simulación climática* mundial conjunta).

Revolución Industrial

Un período de rápido crecimiento industrial con amplias consecuencias sociales y económicas, que comenzó en Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVIII y se extendió por Europa y más tarde a otros países incluyendo los Estados Unidos. La invención de la máquina de vapor impulsó de gran manera este desarrollo. La Revolución Industrial marca el principio de

un fuerte aumento en el uso de *combustibles fósiles* y de las emisiones de, sobre todo, *dióxido de carbono* fósil. En este informe, los términos ‘preindustrial’ e ‘industrial’ se refieren, de forma algo arbitraria, a los períodos antes y después del 1750, respectivamente.

Salinización

Acumulación de sales en suelos.

Salvaguarda

En el contexto de mitigación del cambio climático, la salvaguarda se define como el equilibrio del riesgo que se corre actuando con gran lentitud frente a la actuación con mucha rapidez. Depende de la actitud de la sociedad frente al riesgo.

Secuestro (de carbono)

El proceso del aumento de contenido en carbono de una reserva de carbono que no sea la *atmósfera*. Los enfoques biológicos incluyen el secuestro directo de *dióxido de carbono* de la atmósfera mediante un cambio en el *uso de las tierras*, forestación, reforestación, y otras prácticas que mejoran el carbono en los suelos agrícolas. Los enfoques físicos incluyen la separación y vertidos del dióxido de carbono de gases de humero o durante el procesamiento de *combustibles fósiles* para producir fracciones con un alto contenido de hidrógeno y dióxido de carbono y el almacenamiento a largo plazo bajo tierra en reservas de gas y petróleo agotadas, minas de carbón y *acuíferos* salinos. Ver también *Recogida*.

Sensibilidad

La sensibilidad es el nivel en el que un sistema se encuentra afectado, ya sea negativa o positivamente, por *estímulos* relacionados con el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en la producción de las cosechas en respuesta a la media, gama o variabilidad de las temperaturas) o indirecto (los daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido a una elevación del nivel del mar). Ver también *Sensibilidad climática*.

Sensibilidad del clima

En los informes del IPCC, la ‘sensibilidad de equilibrio del clima’ suele hacer referencia al cambio (en condiciones del equilibrio) de la temperatura media de la superficie mundial a raíz de una duplicación de la concentración atmosférica de CO₂ (o de CO₂ *equivalente*). En términos más generales, hace referencia al cambio, en condiciones de equilibrio, de la temperatura del aire cuando el *forzamiento radiativo* varía en una unidad (°C/Wm⁻²). En la práctica, la evaluación de la sensibilidad del clima en condiciones de equilibrio requiere unas simulaciones muy extensas junto a *simulaciones generales de circulación*. La ‘sensibilidad climática efectiva’ es una medida relacionada con esto que sortea este requisito. Se evalúa a partir de una simulación para condiciones en evolución que no están en equilibrio. Es una medida de la fuerza de las *respuestas* en un momento determinado que pueden variar con el historial de los forzamientos y el estado climático. Ver *Simulación climática*.

Sequía

El fenómeno que se produce cuando la precipitación ha estado

muy por debajo de los niveles normalmente registrados, causando unos serios desequilibrios hidrológicos que afectan de manera adversa a los sistemas terrestres de producción de recursos.

Servicios de ecosistema

Procesos o funcionamientos ecológicos que tienen *valor* para las personas o la sociedad.

Simulación climática (jerarquía)

Una representación numérica del *sistema climático* basada en las propiedades físicas, químicas, y biológicas de sus componentes, sus interacciones y procesos de *respuesta*, que incluye todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático se puede representar por simulaciones de diferente complejidad—es decir, que para cualquier componente o combinación de componentes se puede identificar una ‘jerarquía’ de simulaciones, que varían en aspectos como el número de dimensiones espaciales, el punto en que los procesos físicos, químicos o biológicos se representan de forma explícita, o el nivel al se aplican las *parametrizaciones* empíricas. Junto con las *simulaciones generales de circulación* atmosférica/oceánica/de los hielos marinos (AOGCM) se obtiene una representación completa del sistema climático. Existe una evolución hacia simulaciones más complejas con química y biología activas. Las simulaciones climáticas se aplican, como instrumento de investigación, para estudiar y simular el clima, pero también por motivos operativos, incluyendo las *previsiones climáticas* mensuales, estacionales e interanuales.

Simulación general de circulación (GCM)

Ver *Simulación climática*.

Sistema climático

El sistema climático es un sistema muy complejo que consiste en cinco componentes principales: la *atmósfera*, la *hidrosfera*, la *criosfera*, la superficie terrestre y la *biosfera*, y las interacciones entre ellas. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna debido a forzamientos externos (por ejemplo, erupciones volcánicas, variaciones solares, y forzamientos inducidos por el hombre tales como la composición cambiante de la atmósfera y el cambio en el *uso de los suelos*).

Sistema humano

Cualquier sistema en el que las organizaciones humanas juegan un papel predominante. A menudo, pero no siempre, el término es sinónimo de ‘sociedad’ o ‘sistema social’ (por ejemplo, sistema agrícola, sistema político, sistema tecnológico, sistema económico).

Sistemas únicos y amenazados

Entidades que están limitadas en un espacio geográfico relativamente reducido, pero que pueden afectar a otras entidades—a menudo mayores—más allá de este espacio; un espacio geográfico reducido da lugar a sensibilidad ante variables ambientales, incluyendo las *climáticas* y, por lo tanto, atestiguan el potencial a la *vulnerabilidad* al cambio climático.

Subida de aguas

Transporte de aguas profundas a la superficie, causado normalmente por movimientos horizontales de aguas en la superficie.

Submergencia

Una elevación del nivel de agua en relación con el de la tierra, de forma que las áreas de tierra que anteriormente estaban secas se inundan de agua como resultado de un hundimiento o una elevación del nivel del mar.

Sumidero

Todo proceso, actividad o mecanismo que retira de la atmósfera un gas *de efecto invernadero*, un *aerosol*, o un *precursor* de gases de efecto invernadero.

Tecnología

Una pieza de un equipo o una técnica para la realización de una actividad concreta.

Temperatura media de la superficie mundial

La temperatura media de la superficie mundial es la media mundial con ponderación de (i) la temperatura de la superficie marina de los océanos (es decir, la temperatura de la subsuperficie en los primeros metros del océano), y (ii) la temperatura del aire en la superficie terrestre a 1,5 m por encima del nivel del suelo.

Termokarst

Topografía irregular y monticulosa en suelos congelados como consecuencia de la fusión del hielo.

Tierra retirada

Una zona o parte de tierras reservadas para un propósito específico, a menudo proyectos de conservación o secuestro de carbono.

Toma de decisiones secuencial

Toma de decisiones por pasos para la identificación de estrategias a corto plazo en vista de incertidumbres a largo plazo, mediante la incorporación de información adicional a lo largo del tiempo y las correcciones en períodos intermedios.

Transferencia de tecnología

El amplio conjunto de procesos que abarcan el intercambio de conocimiento, dinero, y bienes entre las diferentes *partes interesadas* que conduce a la difusión de la tecnología para la *adaptación* o *mitigación* de un *cambio climático*. Como concepto genérico, el término se utiliza para englobar tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica entre y dentro de los países.

Transpiración

La evaporación del agua en la superficie de las plantas (a través de membranas o poros) especialmente en las hojas o en otras partes de las plantas.

Tropopausa

La frontera entre la *troposfera* y la *estratosfera*.

Troposfera

La parte más baja de la *atmósfera* desde la superficie a 10 km.

de altitud en latitudes medias (comprendidas como media entre 9 km. en latitudes altas a 16 km. en los trópicos) donde están las nubes y ocurren los fenómenos ‘meteorológicos’. En la troposfera, las temperaturas suelen descender con la altura.

Tundra

Una planicie sin árboles, nivelada o con una ligera ondulación, característica de las regiones árticas o subárticas.

Urbanización

La transformación de tierra desde un estado natural o natural gestionado (como la agricultura) a ciudades; un proceso impulsado por la migración neta desde zonas rurales a las ciudades por el que un porcentaje cada vez mayor de la población en cualquier nación o región pasa a vivir en asentamientos definidos como ‘centros urbanos.’

Uso de los suelos

Los acuerdos, actividades y aportaciones llevadas a cabo en un tipo determinado de cubierta terrestre (un conjunto de acciones humanas). Los objetivos sociales y económicos con los que se manejan las tierras (por ejemplo el pastoreo, la extracción de madera y la conservación).

Valores

Valor, deseo o utilidad basados en preferencias personales. El valor total de todo recurso es la suma de los valores de los diferentes individuos que utilizan dicho recurso. Los valores, que son la base de la estimación de los costes, se miden en término de la voluntad de pago (WTP) de los individuos para recibir estos recursos o por la voluntad de los individuos para aceptar pagos (WTA) para desprenderse de los recursos.

Variabilidad del clima

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el

estadio medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones estándar, la ocurrencia de extremos, etc.) del *clima* en todas las escalas temporales y espaciales más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del *sistema climático* (variabilidad interna), o a variaciones en forzamientos antropogénicos externos (variabilidad externa). Ver también *Cambio climático*.

Variabilidad interna

Ver *Variabilidad climática*.

Vector

Un organismo, por ejemplo un insecto, que transmite un patógeno de un organismo receptor a otro. Ver también *Enfermedades transmitidas por vectores*.

Vigilancia

Un sistema de observaciones de importantes variables físicas, químicas, biológicas y socioeconómicas.

Vulnerabilidad

El nivel al que es susceptible un sistema, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del *cambio climático*, incluidos la *variabilidad climática* y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud, y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

Yacimiento

Ver *Reserva*.

Zooplankton

Las formas animales del *plancton*. Consumen *fitoplancton* u otros *zooplankton*. Ver también *Fitoplancton*.

Anexo C

ACRÓNIMOS (SIGLAS) Y ABREVIATURAS

AOGCM	Simulación general de la circulación atmósfera-océano
CBD	Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica
CH ₄	Metano
CMCC	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
DHF	Fiebre hemorrágica del dengue
DSS	Síndrome de shock por dengue
EIT	Economía en transición
ENOA	El Niño Oscilación Austral (ENOA)
GCM	Simulación general de circulación
GTI TIE	Contribución del Grupo de Trabajo I al Tercer Informe de Evaluación
GTII TIE	Contribución del Grupo de Trabajo II al Tercer Informe de Evaluación
GTIII TIE	Contribución del Grupo de Trabajo III al Tercer Informe de Evaluación
H ₂ O	Agua
IEEE	Informe Especial: Escenarios de Emisiones
IEUTCS	Informe especial: Uso de los suelos, cambio de uso de los suelos y silvicultura
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IRCC	Informe Especial: Impactos Regionales del Cambio Climático
MSL	Nivel medio del mar
MSX	Espora multinucleada desconocida
N ₂ O	Óxido nitroso
NBP	Productividad neta del bioma
NEP	Productividad neta del ecosistema
NO _x	Oxidos de nitrógeno
NPP	Productividad neta principal
O ₂	Oxígeno
O ₃	Ozono
OAN	Oscilación del Atlántico Norte
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PBP	Productividad bruta principal
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Px.x	Pregunta o párrafo de importancia del SI
RE	Resumen Ejecutivo
RRP	Resumen para Responsables de Políticas
SBSTTA	Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico
SI	Síntesis del Informe
SIE	Segundo Informe de Evaluación
TIE	Tercer Informe de Evaluación
UE	Unión Europea
UNCSD	Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible
UV-B	Rayos Ultravioleta-B

Anexo D

LISTA DE LOS PRINCIPALES INFORMES DEL IPCC

Cambio climático—Evaluación científica del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre la Evaluación Científica del IPCC (también disponible en chino, francés, inglés y ruso).

Cambio climático—Evaluación de los impactos del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Evaluación de los impactos (también disponible en chino, francés, inglés y ruso).

Cambio climático—Estrategias de respuesta del IPCC

Informe de 1990 del Grupo de trabajo sobre Estrategias de Respuesta del IPCC (también disponible en chino, francés, inglés y ruso).

Escenarios de emisiones

Preparado por el Grupo de Trabajo del IPCC sobre Estrategias de Respuesta
1990

Evaluación de la vulnerabilidad de las zonas costeras a la elevación del nivel del mar—Metodología común

1991 (también disponible en árabe y francés)

Cambio climático 1992—Informe suplementario a la evaluación científica del IPCC

El Informe de 1992 del Grupo de Trabajo del IPCC sobre Evaluación Científica

Cambio climático 1992— Informe suplementario a la evaluación de los impactos del IPCC

El Informe del año 1992 del Grupo de Trabajo del IPCC para Evaluación de los Impactos

Cambio climático: Evaluaciones de 1990 y 1992 del IPCC

Resumen general y resúmenes para responsables de políticas y suplemento del IPCC del 1992 (también disponible en chino, francés, inglés y ruso)

El cambio climático mundial y el creciente reto del mar

Subgrupo de trabajo para gestión de las zonas costeras del Grupo de trabajo del IPCC sobre Estrategias de Respuesta, 1992

Informe del Cursillo de Estudios Nacionales del IPCC

1992

Directrices preliminares para evaluar los impactos del cambio climático

1992

Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Tres volúmenes, 1994 (también disponible en francés, inglés y ruso)

Directrices técnicas del IPCC para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación

1995 (también disponible en árabe, chino, francés, ruso, y español)

Cambio climático 1994—Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC

1995

Cambio climático 1995—La ciencia del cambio climático— Documento preparado para el Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo I del IPCC

1996

Cambio climático 1995—Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático—Documento preparado para el Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo II del IPCC

1996

Cambio climático 1995—Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático— Documento preparado para el Segundo informe de evaluación bajo los auspicios del Grupo de Trabajo III del IPCC

1996

Cambio climático 1995—Síntesis del Segundo informe de evaluación del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el artículo 2 del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

1996 (también disponible en árabe, chino, francés, ruso, y español)

Documento técnico I: Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático

1996 (también disponible en francés e inglés)

Documento técnico II: Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo informe de evaluación del IPCC

1997 (también disponible en francés e inglés)

Documento técnico III: Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas

1997 (también disponible en francés e inglés)

Documento técnico IV: Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO₂

1997 (también disponible en francés e inglés)

Informe especial: Impactos regionales del cambio climático—Evaluación de la vulnerabilidad

1998 (también en árabe, chino, francés, inglés y ruso)

Informe especial: La aviación y la atmósfera global

1999 (también en chino, inglés, francés y ruso)

Informe especial: Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología. Methodological and Technological Issues in Technology Transfer – IPCC Special Report

2000 (también en francés, inglés y ruso)

Informe especial: Uso de los suelos, cambio en el uso de los suelos y silvicultura

2000 (también en francés, inglés y ruso)

Informe especial: Escenarios de emisiones

2000 (también en francés, inglés y ruso)

Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

2000

Climatic Change 2001: The Scientific Basis—Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report

2001

Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability—Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report

2001

Climate Change 2001: Mitigation—Contribution of Working Group III to the IPCC Third Assessment Report

2001

Cambio climático 2001: Informe Síntesis —Contribuciones de los Grupos de Trabajo I, II, y III al Tercer Informe de Evaluación del IPCC

2001 (también disponible en francés e inglés)

Documento técnico V: Cambio climático y biodiversidad

2002 (también disponible en francés e inglés)

Para cualquier información dirigirse a: Secretariado del IPCC, c/o Organización Meteorológica Mundial, 7 bis Avenue de la Paix, Case Postale 2300, 1211 Gineva 2, Switzerland
