

PERSPECTIVAS AMBIENTALES EN AMÉRICA DEL NORTE PARA EL AÑO 2030



cec.org

Portada: Tomada del Atlas ambiental de América del Norte, esta imagen satelital de la iluminación nocturna de la región es un indicador sorprendente de la presencia humana y sus efectos en la tierra.

El presente informe fue elaborado por DSR Sustainability Research y Stratos Inc., por encargo del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte. La información que contiene es responsabilidad de sus autores o de las fuentes citadas y no necesariamente refleja la posición de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción total o parcial del documento, en cualquier forma o medio, con propósitos educativos y sin fines de lucro, sin que sea necesario obtener autorización especial por parte del Secretariado de la CCA, siempre y cuando se cite debidamente la fuente. La CCA apreciará que se le envíe una copia de cualquier publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

Particularidades de la publicación:

Tipo: informe de proyecto

Fecha: julio de 2010

Idioma original: inglés

Número de registro AC: 09.43

Procedimientos de revisión y aseguramiento de calidad:

- *Revisión de las Partes:* 3 de febrero a 3 de marzo de 2009.

Edición al cuidado del Departamento de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la CCA.

© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2010

ISBN 978-2-923358-80-2 (versión impresa) / ISBN 978-2-923358-81-9 (versión electrónica)

Available in English: 978-2-923358-78-9 (print version) / ISBN 978-2-923358-79-6 (electronic version)

Disponible en français: 978-2-923358-82-6 (version imprimée) / ISBN 978-2-923358-83-3 (version électronique)

Depósito legal - *Bibliothèque et Archives nationales du Québec*, 2010

Depósito legal - *Library and Archives Canada*, 2010

Si desea obtener mayor información sobre ésta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

Comisión para la Cooperación Ambiental

393 rue St-Jacques Ouest, bureau 200

Montreal (Quebec), Canadá, H2Y 1N9

T 514.350.4300 F 514.350.4314

info@cec.org www.cec.org

Impreso en Canadá, en papel Rolland Enviro100 compuesto en su totalidad con fibras recicladas posconsumo, procesadas sin cloro, y fabricado con energía a base de biogás. Este papel reciclado cuenta con certificación de Environmental Choice, de EcoLogo y del Consejo de Manejo Forestal (FSC, por sus siglas en inglés).



PERSPECTIVAS AMBIENTALES EN AMÉRICA DEL NORTE PARA EL AÑO 2030

Julio de 2010

Commission for Environmental Cooperation
Comisión para la Cooperación Ambiental
Commission de coopération environnementale

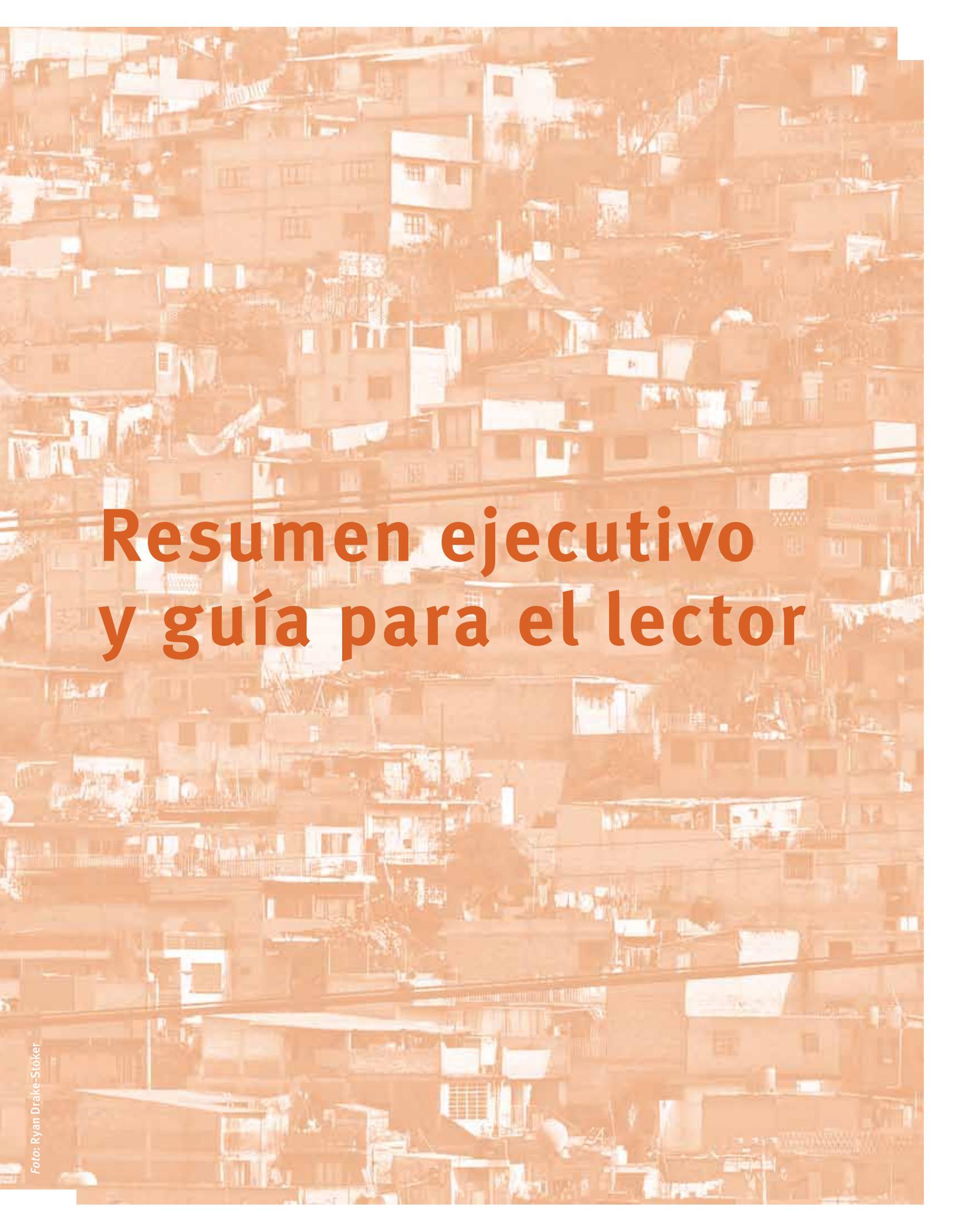


ÍNDICE

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	5
RESUMEN EJECUTIVO Y GUÍA PARA EL LECTOR	7
1 INTRODUCCIÓN	11
2 ENFOQUE	13
3 METAFUERZAS	17
3.1 Acontecimientos sociopolíticos	17
3.2 Cambios ambientales globales	18
4 FUERZAS MOTRICES	23
4.1 Pautas demográficas	23
4.2 Actividad económica	25
4.3 Tecnología	26
5 PRESIONES	29
5.1 Introducción	29
5.2 Extracción, producción y uso de recursos	29
5.2.1 Recursos energéticos	29
5.2.2 Agua	33
5.2.3 Productos agropecuarios	34
5.2.4 Productos forestales	36
5.2.5 Productos de pesquerías marinas	36
5.3 Generación de residuos y descargas en el medio ambiente	38
5.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	38
5.3.2 Contaminantes atmosféricos de criterio	39
5.3.3 Descargas y contaminación del agua	39
6 ESTADO: CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES	43
6.1 Introducción	43
6.2 Clima	43
6.3 Cobertura y uso del suelo	45
6.4 Calidad del aire	47
6.5 Cantidad y calidad del agua	47
6.6 Biodiversidad	49
7 EFECTOS: CONSECUENCIAS SOCIOECONÓMICAS DEL CAMBIO AMBIENTAL	53
7.1 Introducción	53
7.2 Población en zonas que enfrentan un estrés hídrico grave	53
7.3 Efectos de la contaminación atmosférica urbana en la salud	54
7.4 Efectos del cambio climático	54
8 CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS	59
ANEXO 1: ESTUDIOS DE REFERENCIA	61
ANEXO 2: CUADROS DE DATOS	65

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ACAAN	Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte
ACLAN	Acuerdo de Cooperación Laboral de América del Norte
AIE	Agencia Internacional de Energía
APE	Abundancia promedio de especies
AVAD	Años de vida ajustados por discapacidad (equivalen a la suma de los años de vida potencial perdidos por mortalidad prematura y los años de vida productiva perdidos por discapacidad)
BRIC	Brasil, Rusia, India y China
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CCPC	Comité Consultivo Público Conjunto
CENR	Comité sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Estados Unidos (en inglés: <i>Committee on Environment and Natural Resources</i>)
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂eq	Equivalentes de dióxido de carbono / emisiones de dióxido de carbono equivalente
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
DPNU	División de Población de las Naciones Unidas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
GEI	Gas de efecto invernadero
GEO-4	Cuarto informe del PNUMA en la serie: <i>Perspectivas del medio ambiente mundial</i> (en inglés: <i>Global Environment Outlook</i> o “GEO”) PM GEO-4: escenario “primero los mercados” del GEO-4 PP GEO-4: escenario “primero las políticas” del GEO-4 PSe GEO-4: escenario “primero la seguridad” del GEO-4 PSu GEO-4: escenario “primero la sustentabilidad” del GEO-4
IEO	Escenario de referencia del <i>International Energy Outlook 2008</i> [“Perspectivas internacionales de energía, 2008”] (EIA)
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)
IMAGE	Modelo integrado para evaluar el efecto invernadero (del inglés: <i>Integrated Model for the Assessment of the Greenhouse Effect</i>)
modelo FPEIR	Modelo <i>fuera matriz-presión-estado-impacto-respuesta</i> (FPEIR)
NO_x	Óxidos de nitrógeno
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos ppMundial OCDE: escenario correspondiente al “paquete integral mundial de políticas” de la OCDE 450ppm OCDE: escenario que corresponde a la “variante del cambio climático” de la OCDE: políticas necesarias para estabilizar la concentración atmosférica de GEI en 450 ppm por volumen de CO ₂ eq
PPA	Paridad del poder adquisitivo
PIB	Producto interno bruto (global o per cápita)
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ppm	Partes por millón
ppmm	Partes por mil millones
SO_x	Óxidos de azufre
TLC	Tratado de Libre Comercio
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
US EIA	Administración de Información sobre Energía de Estados Unidos (en inglés: <i>Energy Information Administration</i>)
WEO	Escenario de referencia del <i>World Energy Outlook 2008</i> [“Perspectivas de energía en el mundo, 2008”] (OCDE/AIE)



Resumen ejecutivo y guía para el lector



Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030 presenta un resumen de las investigaciones recientes sobre las principales fuerzas y tendencias subyacentes que probablemente configuren el medio ambiente de América del Norte en 2030. Su intención no es ofrecer una predicción del futuro, sino considerar las posibilidades que éste podría deparar a la luz de los factores de deterioro ambiental y social que hoy enfrentamos en nuestra región y el resto del mundo.

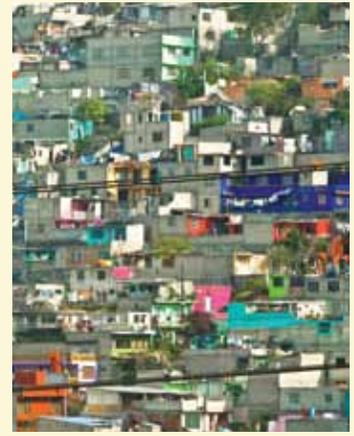
La elaboración del presente documento responde a una solicitud del Consejo de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) y complementa el informe *El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes*, publicado por la CCA en 2008, en torno de las tendencias ambientales recientes, agrupadas por tema o medio: aire y atmósfera, biodiversidad y ecosistemas, contaminantes y agua. Si bien semejante enfoque permitió estructurar un relato coherente para cada tema, también es cierto que puede ocultar sus interrelaciones. Es por ello que ahora, en *Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030*, se adoptó un enfoque más sistémico, apegado al modelo fuerza motriz-presión-estado-impacto-respuesta (modelo FPEIR). Por consiguiente, el presente informe se deriva de manera más directa del documento de análisis (Stratos e IISD, 2008) preparado con motivo de la conferencia “Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030” —organizada en junio de 2008 por el Comité Consultivo Público Conjunto de la CCA—, del que es una ampliación. El objetivo de estas y otras iniciativas consiste en ayudar a la CCA en el análisis y la elaboración de su programa de trabajo, destacando áreas donde podrían emprenderse acciones conjuntas en apoyo de las estrategias de mitigación, adaptación e innovación en materia ambiental en los tres países.

Varios factores restringen el alcance de este informe. Para empezar, por ser una revisión, necesariamente se limitó a los trabajos disponibles a la fecha. En segundo lugar, al adoptar la perspectiva de América del Norte, se optó por abordar en especial —aunque no de manera exclusiva— casos para los que se dispusiera de información congruente y comparable sobre Canadá, Estados Unidos y México. Por ello, se descartó el uso de ciertos datos nacionales específicos, que tal vez aportan mayores detalles en lo que respecta al interior de cada país pero que pueden diferir de la información similar presentada en conjuntos de datos internacionales. En tercer lugar, hay numerosos aspectos del medio ambiente para los que se dispone de datos históricos, pero para los que no se ha elaborado ninguna proyección prospectiva. En cuarto lugar, cada una de estas restricciones se exagera por el deseo de incluir información cuantitativa en la mayor medida posible. Por último, la tendencia de la mayoría de los estudios (incluidos los revisados para elaborar el presente) ha sido la de evitar abordar en detalle la posibilidad de sorpresas drásticas, aunque imaginables, que alterarían considerablemente sus proyecciones.¹

El presente informe se basa en gran medida en dos estudios mundiales recientes: *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4 (Global Environmental Outlook 4, GEO-4)*, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y *Prospección medioambiental para el 2030 (Environmental Outlook to 2030)*, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en los que se presentan proyecciones sobre diversos temas ambientales. Se complementan estas fuentes con estudios dedicados a temas más específicos a escala mundial, como el *Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*; la *Evaluación del milenio sobre los ecosistemas*; el informe *Perspectivas de población en el mundo*, de la División de Población de las Naciones Unidas, y el *World Energy Outlook 2008* [“Perspectivas de energía en el mundo, 2008”], de la Agencia Internacional de Energía, así como algunos estudios nacionales y otra bibliografía disponible.

Los principales mensajes que se desprenden de esta revisión se pueden agrupar en tres categorías:

¹ Por ejemplo, una crisis sostenida de los precios del petróleo o la interrupción del abasto petrolero internacional; un “vuelco del albedo” que acelere el derretimiento del hielo ártico; una pandemia, o una gran innovación tecnológica.



1 La gama de las proyecciones para muchos asuntos ambientales y sus fuerzas motrices es amplia

Los estudios revisados, y los diversos escenarios que en ellos se presentan, difieren en cuanto a sus hipótesis sobre las decisiones que habremos de tomar, ya sea como individuos o como sociedad. Una mayor variación tanto en las hipótesis como en los resultados pone de manifiesto los aspectos en los que nuestras acciones pueden incidir en mayor medida para el año 2030. Los asuntos con proyecciones más variables de un escenario a otro incluyen:

- Uso de energía y emisiones relacionadas
- Uso de agua y tratamiento de aguas residuales

2 Cabe esperar cambios considerables, que representarán grandes desafíos, en muchos problemas ambientales y sus fuerzas motrices

En este caso, lo considerable no se refiere sólo a la magnitud de un cambio, sino también a su orientación y persistencia; la medida en que se aproxima a los umbrales críticos o los rebasa, y sus repercusiones en la sociedad. Entre los desafíos más importantes probablemente figuren:

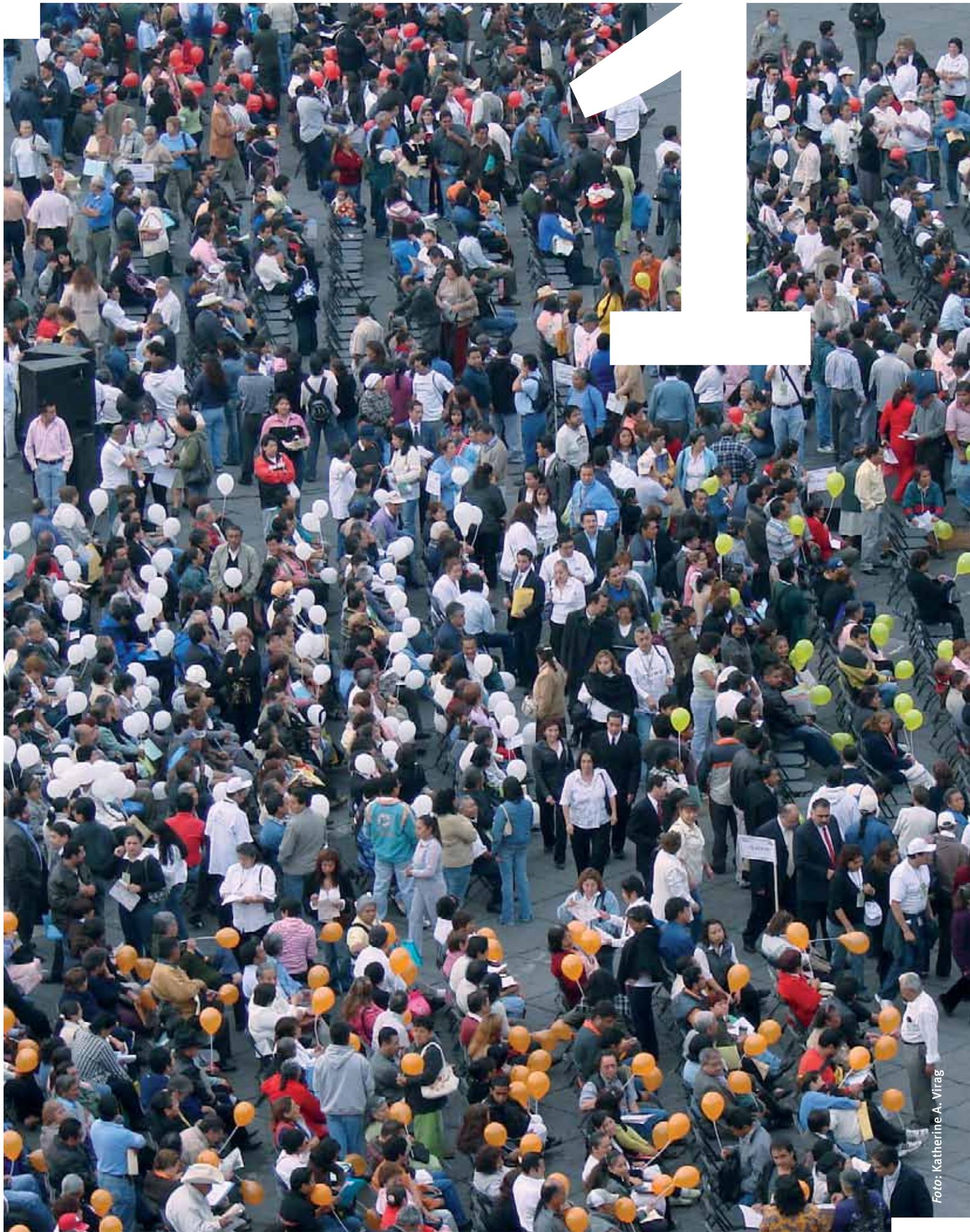
- Calentamiento continuo y acelerado, en particular en el Ártico.
- Pérdida continua de la biodiversidad terrestre.
- Persistencia de niveles elevados de ozono troposférico en zonas urbanas.

3 Hay lagunas importantes en el acervo actual de conocimientos sobre las perspectivas ambientales

Aun reconociendo que intentar predecir el futuro es una misión condenada al fracaso, es mucho lo que puede aprenderse cuando se barajan las posibilidades. Con todo, hay problemas importantes que no han recibido suficiente atención y que, por ello, tienen menos probabilidades de ser considerados en las medidas que se adopten, incluidas las políticas. Entre los problemas dignos de mayor atención figuran:

- Crecimiento de las zonas urbanas y superficies edificadas.
- Calidad y disponibilidad del agua dulce y de las aguas freáticas.
- Efectos específicos del cambio ambiental en la salud y la economía.
- Impacto del consumo en América del Norte sobre el medio ambiente de otras regiones y viceversa.

Estos asuntos apuntan a un conjunto de acciones interrelacionadas que ameritan consideración: abordar los cambios a los que sea posible aplicar medidas basadas en políticas a corto plazo; prepararse para aquellos cambios que son casi inevitables a corto plazo, pero a los que podrían aplicarse medidas basadas en políticas a más largo plazo, y fortalecer nuestros conocimientos sobre los cambios acerca de los cuales sabemos menos.



CAPÍTULO 1

Introducción

El futuro ambiental de América del Norte no está predestinado. Se han planteado múltiples escenarios posibles (toda una gama) para el medio ambiente del subcontinente en 2030.

En un estudio reciente del Center for Strategic and International Studies (Centro para Estudios Estratégicos e Internacionales), en colaboración con el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) y el Conference Board of Canada (Consejo de Deliberaciones de Canadá), se afirma que, de continuar las tendencias actuales y no haber cambios en las políticas y la conducta:

el resultado será un deterioro sustancial del medio ambiente de América del Norte en 2025 [...] El costo de proteger zonas costeras de la intrusión salina podría volverse prohibitivo, lo que obligaría al abandono de algunos de los bienes raíces más valiosos de la región. Grandes extensiones del oeste de Estados Unidos y el norte de México podrían volverse inhabitables a medida que desaparezcan las aguas superficiales y freáticas, y se seque la tierra. La escasez de agua y las presiones de la migración podrían generar conflictos al interior de los países de América del Norte y entre ellos. La extracción de petróleo y otros recursos en respuesta a la demanda creciente tanto de América del Norte como del extranjero podría dañar irremediablemente algunos de los ecosistemas más bellos de la región. El deterioro del hábitat y la pérdida de especies autóctonas podrían dejar a nuestros nietos un legado natural muy disminuido.

(Vadgama, Nitze *et al.*, 2008, p. 37.)

Sin embargo, en ese mismo estudio (p. 38) se señala que “este alarmante pronóstico no necesariamente se hará realidad”.

En *Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030* se analizan y resumen los trabajos de investigación recientes en torno a las principales fuerzas y las tendencias subyacentes que se relacionan con el medio ambiente de América del Norte. Se presenta la opinión actual de los expertos en estas materias, de acuerdo con estudios de escala mundial como *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4*, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2007); *Prospección medioambiental para el 2030*, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2008); el *Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC, 2007), y la *Evaluación del milenio sobre los ecosistemas* (EM, 2005), así como varios estudios regionales y nacionales. Tenemos la mira en el futuro: identificar adónde podrían llevarnos estas fuerzas y tendencias en los años venideros, sin olvidar la incertidumbre que hacer proyecciones siempre entraña. Así pues, con una perspectiva cronológica que abarca hasta 2030, aunque reconociendo que nuestras acciones —lo mismo las del pasado que las de las próximas dos décadas— influirán en el entorno aún a más largo plazo, este documento se propone complementar otros informes sobre el estado del medio ambiente y sus tendencias en la región, como *El mosaico de América del Norte* (CCA, 2008).

Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030 tiene la finalidad de ser un informe integral, si bien no exhaustivo. Además de destacarse los cambios más importantes esperados en este periodo, se dedica especial atención a la gama de posibilidades que existen para el futuro, reflejando las dificultades inherentes de hacer proyecciones y las diversas hipótesis en las que éstas se basan. Por último, se abordan las áreas en que se carece de información congruente y comparable, pero que ameritan mayor atención.

Luego de esta introducción, el resto del documento se organiza de la siguiente manera:

- en el capítulo 2 se resume el *enfoque* adoptado para la elaboración de este informe, teniendo en cuenta la selección tanto de los principales estudios analizados, como de la forma de presentar los resultados;
- el capítulo 3 presenta un análisis de las *metafuerzas* en forma de acontecimientos sociopolíticos y cambios ambientales a escala global;
- en el capítulo 4 se ofrece un panorama general de las *fuerzas motrices* que influyen en las perspectivas para el medio ambiente de América del Norte;
- el capítulo 5 describe las *presiones* resultantes en el medio ambiente de América del Norte, en función de lo que de él extraemos y lo que le devolvemos o en él descargamos;
- en el capítulo 6 se exponen los *cambios* previstos en el *estado* del medio ambiente en América del Norte;
- el capítulo 7 presenta los principales *efectos* socioeconómicos previstos del cambio ambiental;
- el capítulo 8 presenta las conclusiones del informe;
- el anexo 1 ofrece información adicional sobre los principales estudios incluidos en esta revisión, y
- en el anexo 2 se presentan cuadros con los datos detallados que sustentan las gráficas y los textos incluidos en el cuerpo del informe.

**Tenemos la mira en el futuro:
identificar adónde podrían
llevarnos estas fuerzas y tendencias
en los años venideros, sin olvidar
la incertidumbre que hacer
proyecciones siempre entraña.**

2



CAPÍTULO 2

Enfoque

Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030 no tiene por objeto predecir el futuro, sino considerar las posibilidades que éste encierra —de manera cuantitativa en la medida de lo posible—, a la luz de los factores de deterioro social y ambiental que hoy enfrentan América del Norte y el mundo. Homer-Dixon (2008) destaca tres aspectos de estos factores de deterioro: la convergencia, la sinergia y la complejidad. Enfrentamos la *convergencia* de múltiples factores de deterioro; los efectos de éstos son resultado no de cada uno de ellos, sino de su *sinergia*, y dada la *complejidad* de los sistemas en juego, los cambios resultantes son a menudo impredecibles.

Esto plantea un impedimento obvio a quienes desearían pronosticar el cambio ambiental, en particular si su tarea incluye cálculos cuantitativos. Toda proyección, sobre todo si abarca varias décadas hacia el futuro, está sujeta a un grado considerable de incertidumbre. Además, en algunas áreas persisten lagunas de datos y desacuerdos sobre los registros históricos, así como sobre el estado y las tendencias actuales de las principales variables.² Proyectada al futuro, nuestra comprensión de los sistemas social, económico y ambiental es incompleta. Y más aún, gran parte de lo que nos depara el futuro dependerá de nuestras elecciones, como individuos y como sociedad. Estos factores, junto con el discutible historial de pasados intentos de predicción, han llevado a investigadores como Smil (2008) a poner en duda el valor de la mayoría de las proyecciones cuantitativas de este tipo.

En vista de lo anterior, no sorprende que las tentativas de trazar panoramas detallados y cuantitativos del futuro del medio ambiente sean limitadas. Sin embargo, y aun cuando los investigadores dedicados a esa tarea demuestran cada vez mayor humildad, estos estudios continúan y su utilidad como base para la toma de decisiones hoy —más que para pronosticar específicamente lo que depara el futuro— resulta incuestionable. Es justo decir que la mayoría de los expertos concordaría con Smil (2008, p. viii) cuando afirma:

Una mejor comprensión y una mayor toma de conciencia nos deben ayudar a reducir las consecuencias de sucesos impredecibles, incluso prevenir algunos cuyo momento podría pronosticarse. [...] También deben mejorar nuestras acciones para moderar o revertir las tendencias perjudiciales en una etapa en la que los cambios son tolerables y los sacrificios, razonables.

En este informe no se presenta ninguna proyección nueva, sino que se reúnen los resultados de estudios recientes. En la selección de las investigaciones a utilizar se consideraron diversos factores. En primer lugar, los estudios difieren respecto a su prestigio entre las comunidades científica y política. Segundo, en muchos estudios se examina un solo tema o un número reducido de temas, lo que dificulta reconocer las principales interrelaciones, que pueden indicar sinergias y compensaciones al abordar la problemática ambiental. Tercero, los estu-

dios difieren entre sí en cuanto a sus enfoques analíticos, extensión y resolución geográficas, así como horizontes e indicadores cronológicos, todo lo cual puede dificultar la comparabilidad. Por último, los amplios conjuntos de datos necesarios para efectuar comparaciones entre países, como las que nos interesan en este informe, no siempre se encuentran disponibles.

Con base en estas consideraciones, se decidió derivar los resultados cuantitativos presentados en este informe principalmente de dos estudios recientes: *Prospectiva medioambiental para el 2030*, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2008), y *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4*, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Rothman, Agard *et al.*, 2007; PNUMA, 2007). Se eligieron estos estudios porque en ambos:

- se ha contado con la participación y la contribución de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México;
- se aborda en forma integrada una gama de asuntos ambientales;
- se usa una serie similar de modelos para hacer las proyecciones y presentar un conjunto semejante de indicadores, y
- se da acceso a resultados detallados para Canadá, Estados Unidos y México como entidades individuales.

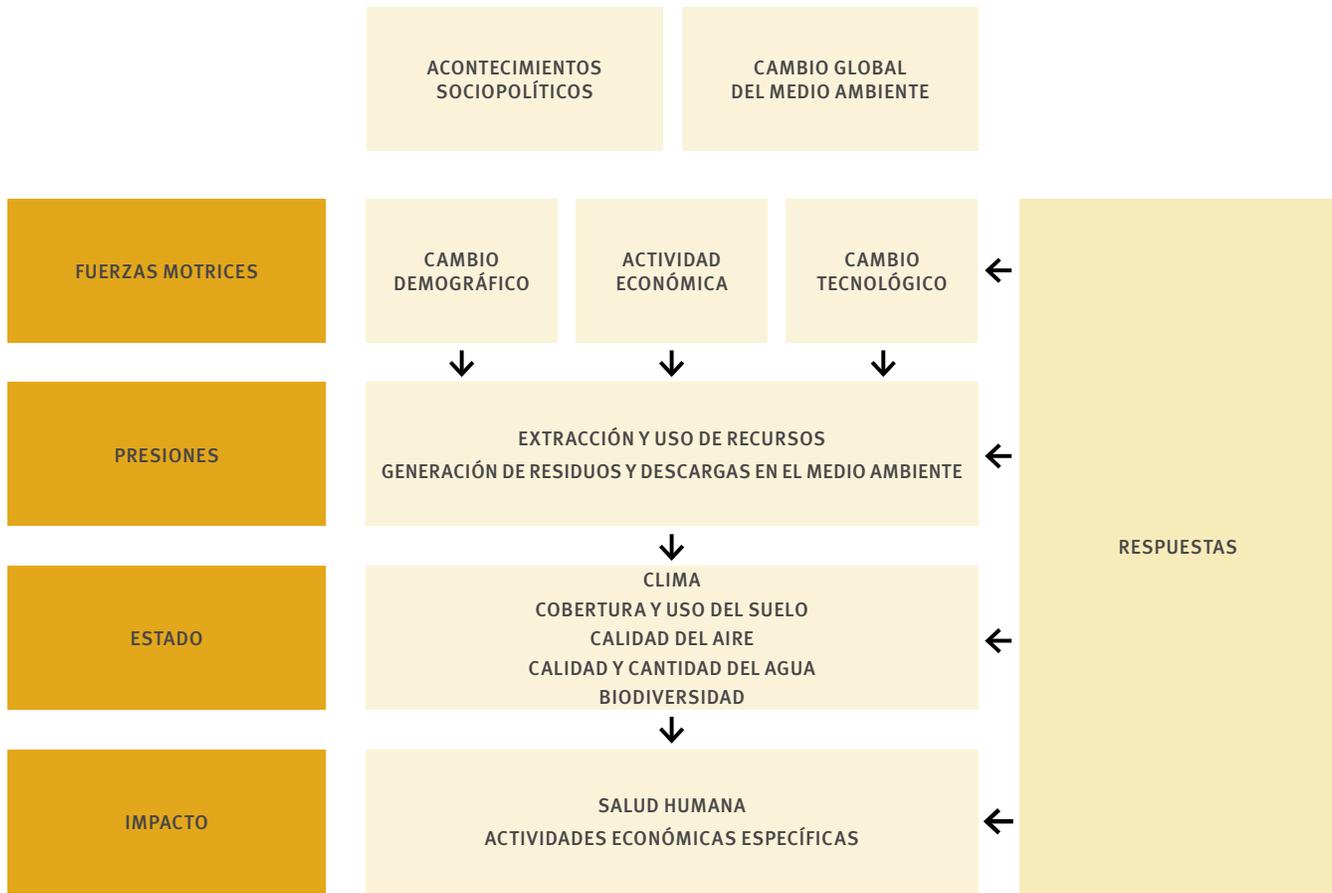
Cabe señalar, además, que estos estudios son complementarios en cuanto a que en la *Prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030* se elaboró un escenario de referencia con una serie de variantes de políticas, mientras que en *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4*, del PNUMA, se examinaron cuatro futuros posibles, ninguno de ellos presentado como caso de referencia. En el recuadro 1 se resumen los principales escenarios de estos estudios y en el anexo 1 se ofrecen mayores detalles sobre los estudios en sí.

A manera de complemento, también se presentan los resultados de otros estudios más orientados a ciertos temas a escala mundial: el *Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC, 2007), la *Evaluación del milenio sobre los ecosistemas* (EM, 2005), *Perspectivas de población en el mundo* (ONU, 2007) y *Perspectivas de urbanización en el mundo* (ONU, 2008) —ambos de la División de Población de las Naciones Unidas—, y el *World Energy Outlook 2008*, de la Agencia Internacional de Energía (OCDE-AIE, 2008). Además, se han examinado algunos estudios nacionales seleccionados y otra documentación disponible. El anexo 1 contiene información más detallada sobre todos los estudios tomados como referencia, incluidas sus principales hipótesis.

Reconocemos que al optar por estas fuentes se descartaron conjuntos de datos específicos por país que podían ofrecer detalles más a fondo de las condiciones al interior de cada país y, en ocasiones, información distinta a la presentada en conjuntos de datos internacionales. Sin embargo, dado el alcance del presente estudio, consideramos necesaria la comparabilidad entre países. Lo anterior subraya

² En *El mosaico de América del Norte* (CCA, 2008, p. 5) se señala que “muchas de las mediciones no están disponibles a escala nacional, ya no digamos en formas comparables para toda la región”. Vadgama, Nitze *et al.* (2008, pp. 58-59) lamentan “la escasez de datos de referencia sobre la biodiversidad y la dinámica de los ecosistemas de América del Norte en particular”.

GRÁFICA 1: EL MARCO FPEIR



el valor de una mayor congruencia e integración del monitoreo y la previsión ambientales en Canadá, Estados Unidos y México.

Aparte de la selección de los estudios, fue necesario tomar otra decisión: la manera en que se presentaría la información recabada para este trabajo. Muchos estudios —por ejemplo, *El mosaico de América del Norte* (CCA, 2008)— presentan información basada en casos individuales para una serie de asuntos ambientales, lo cual permite estructurar un relato congruente por cada asunto o tema, pero puede también ocultar las relaciones entre ellos, sobre todo siendo que, en la mayoría de los casos, las tendencias de estos asuntos responden a un conjunto común de fuerzas motrices clave.

Por consiguiente, se determinó que para este informe era más apropiado un modelo del tipo *fuerza motriz-presión-estado-impacto-respuesta* (FPEIR) (véase la gráfica 1). En los marcos conceptuales utilizados en el *GEO-4* (PNUMA, 2007, p. xxii) se presenta de manera más explícita una variación del modelo FPEIR original (Smeets y Wetering, 1999), pero éste también es aparente en la estructura de la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE y en el marco conceptual de la *Evaluación del milenio sobre los ecosistemas* (EM, 2005, p. vii).

La lógica básica del marco FPEIR es que las “fuerzas motrices” generan “presiones” que se ejercen en el medio ambiente. Éstas ocasionan cambios en el “estado” del medio ambiente y producen efectos o un “impacto” tanto en los sistemas naturales como en los sociales.

Las “respuestas” sociales, a su vez, afectan directamente las fuerzas motrices, las presiones, el estado y el impacto. En el presente informe sólo se abordan las respuestas en la medida en que queden recogidas en algunas de las hipótesis de políticas y conductuales subyacentes en los diferentes escenarios.

Cabe observar que se introdujo una ligera variación a fin de reflejar la importancia de acontecimientos sociopolíticos y cambios ambientales globales de primer orden que no encajan con facilidad en el marco FPEIR tradicional, pero que se espera influyan en el futuro del medio ambiente de América del Norte. Ése será el tema del siguiente capítulo del informe.

Toda proyección, sobre todo si abarca varias décadas hacia el futuro, está sujeta a un grado considerable de incertidumbre. [...] Gran parte de lo que nos depara el futuro dependerá de nuestras elecciones, como individuos y como sociedad.

RECUADRO: ESCENARIOS EN LOS INFORMES PROSPECTIVA MEDIOAMBIENTAL DE LA OCDE Y GEO-4 DEL PNUMA

El informe *Prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030* se estructura en torno de un escenario de referencia, al que en adelante se denominará **escenario de referencia de la OCDE**: un “panorama estilizado de los sucesos ambientales de las próximas décadas [cuya] hipótesis de partida es que no habrá nuevas políticas en respuesta a las presiones ambientales, ni tampoco en materia de subsidios para la producción agrícola o sobre aranceles en el comercio agrícola” (Bakkes y Bosch, 2008, p. 18). Asimismo, la *Prospectiva medioambiental* examina diversas “variantes” de políticas, por ejemplo, en relación con la contaminación atmosférica local y regional, las emisiones de gases de efecto invernadero y el apoyo a la agricultura. Esto incluye paquetes integrales de políticas y opciones independientes vinculadas con el cambio climático. Las dos variantes que permiten establecer el mayor contraste con el escenario de referencia —y que por ello se toman en consideración en el presente estudio— son las más estrictas: el paquete integral mundial de políticas, al que se hará referencia como escenario **ppMundial de la OCDE**, y la opción que, en respuesta al cambio climático, recoge las políticas necesarias para estabilizar la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero en 450 partes por millón (ppm) por volumen de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂eq), al que se denominará **escenario 450ppm de la OCDE**.

Por su parte, el informe *GEO-4* del PNUMA presenta cuatro escenarios basados en hipótesis con diferencias fundamentales sobre los cambios en la conducta individual y las políticas públicas, y pueden resumirse en:

- *Primero los mercados (PM GEO-4)*. Se busca el máximo crecimiento económico —a través de las fuerzas del mercado— como vía para mejorar el medio ambiente y el bienestar humano; el énfasis se pone en las soluciones tecnológicas a los problemas ambientales, y se respetan sólo de palabra las políticas de desarrollo sustentable.
- *Primero las políticas (PP GEO-4)*. Se establecen políticas sólidas para mejorar el medio ambiente y el bienestar de las personas, sobre todo con enfoques de lo global a lo específico (*top-down*). Las consideraciones sociales y económicas predominan sobre las políticas ambientales.
- *Primero la seguridad (PSe GEO-4)*. También denominado “primero yo”; el foco de atención es el poder y la generación de riqueza para la población acaudalada.
- *Primero la sustentabilidad (PSu GEO-4)*. Hay una presión persistente de todos los sectores de la sociedad para que se establezcan políticas de desarrollo sustentable. Se otorga mucha importancia a la equidad y se da a las políticas ambientales tanto peso como a las socioeconómicas.



CAPÍTULO 3

Metafuerzas

Ni los países de América del Norte ni el subcontinente en su conjunto viven aislados: el futuro de la región influirá en los sucesos internacionales y, a su vez, se verá influido por éstos. A continuación se abordarán algunos de estos sucesos dentro de las categorías generales de acontecimientos sociopolíticos y cambios ambientales globales.

3.1 ACONTECIMIENTOS SOCIOPOLÍTICOS

ASPECTOS PRINCIPALES:

- El TLCAN ha profundizado la integración económica de América del Norte y se espera que siga haciéndolo.
- La integración de América del Norte tiene como telón de fondo una mayor globalización del comercio, las finanzas, la tecnología y la cultura.

En América del Norte, la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Canadá y Estados Unidos en 1988 y cinco años después la del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) con México, junto con sus acuerdos paralelos —el Acuerdo para la Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) y el Acuerdo de Cooperación Laboral de América del Norte (ACLAN)—, anunciaron un periodo de interdependencia cada vez mayor entre Canadá, Estados Unidos y México. En los 15 años posteriores a la firma del TLCAN el comercio trilateral se triplicó a un volumen de casi un billón de dólares en 2008, lo que ha hecho que la economía de América del Norte esté más integrada que nunca. En 2005, los socios del TLCAN lanzaron la Alianza para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte (ASPAN), a fin de fortalecer su colaboración en diversas áreas, entre otras: energía, gestión de emergencias, compatibilidad de su respectiva reglamentación, seguridad alimentaria, protección ambiental y seguridad fronteriza.

Esta tendencia a una interdependencia cada vez mayor se observa también a escala mundial. El crecimiento del comercio internacional en los últimos 15 años ha propiciado una mayor integración en los mercados mundiales de capitales y de productos, el rápido ascenso de las empresas multinacionales con sede en economías emergentes y una mayor prosperidad para cientos de millones de personas. Destaca en particular el surgimiento de nuevos actores en la escena mundial: Brasil, Rusia, India y China, a menudo definidos como “bloque BRIC” o más recientemente “bloque BRIICS”, con la adición de Indonesia y Sudáfrica. En los próximos 25 años, los países

del bloque BRIC, que ya representan 14 por ciento del PIB mundial a la paridad del poder adquisitivo (PPA), probablemente adquieran mucho mayor fuerza en la economía mundial gracias a sus mayores tasas de crecimiento y grandes poblaciones. Algunos expertos predicen que en los próximos 40 años China y la India podrían llegar a ser los proveedores mundiales dominantes de bienes manufacturados y servicios, respectivamente, mientras que Brasil y Rusia podrían alcanzar un dominio similar como proveedores de materias primas (Wilson y Purushothaman, 2003).

La globalización económica ha ido acompañada de avances tecnológicos en comunicaciones, un crecimiento en la cantidad de viajes y un intercambio cultural sin precedente. También se han registrado avances importantes en la gobernanza internacional. En el terreno ambiental, la mayor prueba de ello es la cantidad de acuerdos sobre temas como el cambio climático, la biodiversidad y el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. No obstante, es justo decir que, en general, las instituciones, las leyes y los mecanismos de financiamiento internacionales establecidos para proteger el medio ambiente mundial aún no han alcanzado el desarrollo y los efectos de sus equivalentes en el ámbito económico, como la OMC (incluso con las dificultades de la actual ronda de negociaciones).

Ni los países de América del Norte ni el subcontinente en su conjunto viven aislados: el futuro de la región influirá en los sucesos internacionales y, a su vez, se verá influido por éstos.

En la actualidad prevalece un considerable grado de incertidumbre respecto a la naturaleza de estos y otros sucesos socioeconómicos en las próximas décadas. De hecho, las diferentes hipótesis sobre cuál será su desenlace constituyen uno de los elementos fundamentales de los marcos utilizados en la definición de los conjuntos de escenarios para el *GEO-4* del PNUMA, así como para el informe especial sobre escenarios de emisiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2000) y la *Evaluación del milenio sobre los ecosistemas* (EM, 2005). Como lo ejemplificaré

la información resumida en el presente trabajo, tales hipótesis ejercen una poderosa influencia en el futuro del medio ambiente, tanto mundial como de América del Norte.

3.2 CAMBIOS AMBIENTALES GLOBALES

ASPECTOS PRINCIPALES:

- América del Norte es responsable en importante medida del cambio ambiental del mundo, pero también sufrirá los efectos de este cambio.
- Se espera que los efectos ambientales y socioeconómicos adversos del cambio climático se intensifiquen en los próximos 25 años, sobre todo a causa de las alteraciones en la disponibilidad de agua en muchas regiones y la incidencia creciente de fenómenos meteorológicos extremos.
- Las pérdidas en la biodiversidad van en aumento, lo que tiene consecuencias adversas en la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios.
- Se espera que las especies invasoras sigan propagándose, provocando estragos ambientales y económicos considerables.
- La capa de ozono estratosférico habrá de recuperarse por completo, pero no antes de la segunda mitad del siglo.
- La contaminación transfronteriza del aire y el agua seguirá siendo un problema y tal vez el cambio climático lo exacerbe, a pesar de la disminución de emisiones en algunas regiones.
- La mayoría de las pesquerías marinas se sobreexplotan y muchas de ellas ya han empezado a sufrir mermas; sin embargo, continúa el debate sobre su futuro.
- La degradación del suelo continúa siendo un problema mundial; aunque es menos pronunciada en América del Norte, puede tener efectos indirectos en la región.

El desarrollo continuo de América del Norte ocurrirá cada vez más en el contexto del *cambio global del medio ambiente*, término que en el presente informe se usa para hacer referencia específica a alteraciones de alcance mundial que originan tendencias ambientales y socioeconómicas en el subcontinente. En un mundo cada vez más interdependiente, América del Norte no puede aislarse de tales cambios. Incluso cuando no lleguen a afectar directamente el medio ambiente de la región, pueden hacerlo de manera indirecta aumentando la competencia por los recursos, exacerbando las tensiones políticas y económicas a escala regional, y generando nuevas pautas migratorias. Además, mediante sus propias actividades —por ejemplo, la emisión de contaminantes transfronterizos y la importación de una amplia gama de productos y recursos cuyos costos ambientales se concentran en el punto de producción—, América del Norte contribuye de manera importante a esas alteraciones.

Entre los cambios ambientales globales más señalados se cuentan el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la propagación de especies invasoras y enfermedades infecciosas, el agotamiento del ozono estratosférico, la aparición de contaminantes transfronterizos (incluidos los contaminantes orgánicos persistentes), el declive de las pesquerías marinas y las crecientes desertificación y degradación del

suelo. Estos cambios son manifestaciones de que la población humana, cada vez mayor, está usando más intensivamente los recursos del planeta. A continuación se presenta un resumen de cada uno de estos cambios y en capítulos posteriores se abordarán con mayor detalle sus implicaciones específicas para América del Norte.

Cambio climático

En numerosos estudios se han examinado las posibles implicaciones de un clima cambiante. El fruto más reciente de estos estudios es el *Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC, 2007). Asimismo, los gobiernos de Canadá y Estados Unidos han publicado estudios basados en importante medida en los informes del IPCC (CENR, 2008; Lemmen, Warren *et al.*, 2008).

Estos estudios indican que la manifestación más clara del cambio climático será una elevación cada vez más rápida de las temperaturas medias del planeta, de hasta 0.3 °C aproximadamente por década para 2030. Este promedio oculta importantes diferencias regionales, pues algunas partes de América del Norte, en particular el Ártico, rebasan de manera considerable el calentamiento medio mundial (IPCC, 2007). En esencia, el mundo tendrá que afrontar este índice en cualquier caso, como consecuencia de los gases de efecto invernadero ya emitidos a la atmósfera desde el inicio de la Revolución Industrial. En este sentido, son pocas las diferencias para el periodo que abarca hasta 2030 entre los distintos escenarios, incluidos los de la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE y el *GEO-4* del PNUMA³ que se presentan en este informe.

Al mismo tiempo, la cantidad de gases emitidos desde ahora y hasta 2030 tendrá efectos en el medio ambiente mucho tiempo después de esa fecha. Los efectos del cambio climático serán complejos y generalizados; de hecho, ya se están haciendo evidentes. Apoyándose en su análisis de las evidencias recientes, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático señala (IPCC, 2007, pp. 31-33) que puede afirmarse con un alto grado de certidumbre que:

- los sistemas naturales relacionados con la nieve, el hielo y los suelos congelados (incluido el permafrost) han resultado afectados;
- ya están ocurriendo varios efectos en los sistemas hidrológicos, entre otros: mayores escurrimientos y descargas pico anticipadas en la primavera en muchos ríos alimentados por el derretimiento de glaciares y nieves, así como el calentamiento de lagos y ríos en muchas regiones, con efectos en la estructura térmica y la calidad del agua;
- el calentamiento reciente está afectando en gran medida los sistemas biológicos terrestres, con cambios como el adelanto de los procesos primaverales —incluidos el retoño de hojas, la migración y la puesta de huevos de aves—, al igual que el desplazamiento hacia los polos y hacia latitudes más elevadas de las áreas de distribución de especies vegetales y animales;
- en muchas regiones el calentamiento reciente ha producido una tendencia hacia el “reverdecimiento” más temprano de la vegetación en la primavera, lo que se vincula con periodos de crecimiento térmico más prolongados;

³ De hecho, es probable que estos escenarios subestimen las elevaciones de la temperatura media mundial. Ello se debe a que ambos estudios se basaron en el mismo modelo, IMAGE, el cual toma del *Tercer informe de evaluación del IPCC* un valor medio de 2.5 °C para la sensibilidad climática correspondiente a una concentración de GEI en la atmósfera del doble de los niveles preindustriales; pero ya en el *Cuarto informe de evaluación del IPCC* tal valor calculado se aumentó a 3.0 °C.

- los cambios observados en los sistemas biológicos marinos y de agua dulce tienen que ver con las cada vez más elevadas temperaturas del agua, así como con los cambios relacionados en la cobertura de hielo, la salinidad, los niveles y la circulación de oxígeno, y
- se están manifestando otros efectos de los cambios climáticos regionales en los entornos naturales y humanos, aunque muchos de ellos son difíciles de discernir en virtud del fenómeno de adaptación y de la presencia de fuerzas motrices no relacionadas con el clima.

Con una perspectiva a futuro, en la gráfica 2 —tomada del *Informe de síntesis del Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007)*— se presenta una serie de ejemplos de los efectos vinculados con distintos grados de cambio en la temperatura promedio del mundo. Se espera que estos efectos —en su mayoría adversos— seguirán intensificándose conforme aumente la temperatura y que los países menos desarrollados y en desarrollo figurarán entre los más afectados.

Se prevé, por ejemplo, que en grandes extensiones del planeta —incluida la región de América del Norte— el cambio climático exacerbe los actuales factores de deterioro de los recursos hídricos, derivados del crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios económicos y de uso del suelo. De acuerdo con las proyecciones, las pérdidas generalizadas de glaciares y las reducciones en la cobertura de nieve registradas en décadas recientes se acelerarán a lo largo del siglo XXI, lo que reducirá la disponibilidad de agua y el potencial de generación hidroeléctrica, además de cambiar la estacionalidad de los flujos en las regiones abastecidas por escurrimientos provenientes del deshielo en las principales cordilleras. Esta tendencia tendrá profundos efectos adversos en los sitios donde la agricultura de irrigación depende del reabastecimiento constante y adecuado de los acuíferos y cursos de agua, con las consecuentes implicaciones en la producción alimentaria.

Los científicos han expresado su preocupación por el aumento del nivel del mar más allá de 2050 y cercano el siguiente siglo, como resultado del derretimiento acelerado de los glaciares terrestres y la expansión térmica de los océanos. Aunque el ritmo al que el nivel del mar puede elevarse continúa siendo objeto de polémica, los expertos coinciden en que sus consecuencias para las poblaciones costeras serían de gran alcance y exigirían la reubicación de millones de personas.

Muchos de los efectos más graves y costosos del cambio climático se relacionarán con fenómenos meteorológicos extremos y los desastres naturales consecuentes. Estos fenómenos, como inundaciones, sequías y tormentas, ya representan 75 por ciento de los desastres naturales. Los climatólogos prevén un aumento en los desastres relacionados con el clima en las décadas venideras (McBean, 2008).

Lo anterior refleja el consenso recogido en el *Cuarto informe de evaluación del IPCC*. Sin embargo, desde su divulgación se generó entre los climatólogos un debate respecto a si dicho estudio subestima el ritmo al que el clima podría cambiar en el futuro. La reinterpretación reciente de datos paleoclimáticos y el derretimiento sin precedentes de las placas de hielo del océano Ártico en 2007 y 2008, por ejemplo, han hecho que algunos científicos (como Hansen, 2008) adviertan que la Tierra podría estar alcanzado puntos de inflexión en los que la retroalimentación positiva amplifica los cambios iniciales.

Pérdida de biodiversidad

La pérdida continua de biodiversidad en el mundo ha debilitado la capacidad de muchos ecosistemas para prestar servicios. Se calcula que las actuales tasas de extinción registradas son alrededor de cien veces mayores que las tasas típicas documentadas a partir de los registros fósiles. De entre los principales grupos de vertebrados que se han evaluado exhaustivamente, más de 30 por ciento de los anfibios, 23 por ciento de los mamíferos y 12 por ciento de las aves están amenazados en todo el mundo (Ash y Fazel, 2007).

Es probable que la pérdida de biodiversidad mundial continúe hacia 2030, con las mayores pérdidas en África subsahariana, algunas partes de América del Sur y algunas zonas de Asia y el Pacífico (Ash y Fazel, 2007). La futura pérdida de biodiversidad mundial probablemente se derive sobre todo de las presiones de la agricultura y la infraestructura. La silvicultura, la producción de cultivos para biocombustibles y el cambio climático también tendrán repercusiones importantes en este proceso (OCDE, 2008).

Especies invasoras y enfermedades infecciosas

Las especies invasoras son un importante factor que contribuye a la pérdida de biodiversidad. Este problema de alcance mundial tiene un efecto considerable en la economía internacional. Las especies invasoras ocasionan pérdida de recursos tradicionalmente disponibles, pérdidas en la producción alimentaria y afectaciones en el transporte por agua, así como mayores costos para la agricultura, la silvicultura, la pesca, la gestión de los recursos hídricos y la salud humana (OCDE, 2008). Es muy probable que los efectos vinculados con las especies invasoras persistan, en gran medida a causa del crecimiento previsto del comercio y los viajes en todo el mundo.

El desarrollo continuo de América del Norte ocurrirá cada vez más en el contexto del cambio global del medio ambiente.

Ozono estratosférico

Aunque es cierto que las emisiones de sustancias agotadoras de la capa de ozono se han reducido en los últimos 20 años, el “agujero” más grande registrado en la capa de ozono estratosférico ocurrió en 2006 sobre la Antártida. Se calcula que esta capa se recuperará, aunque ello no ocurrirá sino hasta algún momento entre 2060 y 2075 (Kuylenstierna y Panwar, 2007). El plazo de esta recuperación dependerá, en parte, de la medida y el efecto de las actuales exenciones otorgadas a algunas sustancias agotadoras del ozono.

El agotamiento del ozono estratosférico tiene implicaciones para la salud humana y el medio ambiente. La radiación UV-B afecta muchos procesos fisiológicos y bioquímicos relacionados con el crecimiento, la pigmentación y la fotosíntesis. Una mayor radiación UV-B incide en las tasas de incidencia de cáncer en la piel, además de relacionarse con afectaciones en la vista y alteraciones del sistema inmunológico. Los ecosistemas del Ártico corren un riesgo particular de exposición a la radiación UV-B por la presencia de extensos humedales y muchos estanques y lagos de poca profundidad, amén de los amplios periodos de luz diurna durante el verano ártico (Kuylenstierna y Panwar, 2007).

Contaminantes transfronterizos

Los habitantes y la vida silvestre del Ártico están expuestos desde hace algún tiempo a contaminantes orgánicos persistentes (COP) y metales pesados cuyo origen se localiza más allá de las fronteras de América del Norte (Kuylenstierna y Panwar, 2007). Se considera que el aumento de la temperatura media debido al cambio climático en el Ártico representa un importante factor que propicia niveles aún mayores de COP y otras sustancias tóxicas, pues al calentarse, los suelos, aguas y humedales del Ártico liberan a su vez sustancias tóxicas volátiles (INAC, 2003). Además, recientemente se ha empezado a detectar contaminación atmosférica procedente de Asia (incluidas sustancias tóxicas como el mercurio) en la costa oeste de América del Norte (Wilkenning, Barrie *et al.*, 2000; Akimoto, 2003).

Aunque no conocemos tan bien los procesos de la contaminación transfronteriza transportada en el agua, sabemos que América del Norte puede sufrir consecuencias si las corrientes transoceánicas arrastran mayores concentraciones de sustancias tóxicas de fuentes exteriores. De manera similar, con el derretimiento del casquete polar, corrientes de aguas del Ártico antes no previstas podrían llevar contaminantes originados fuera de la región a áreas receptoras en Alaska y los Territorios del Norte de Canadá.

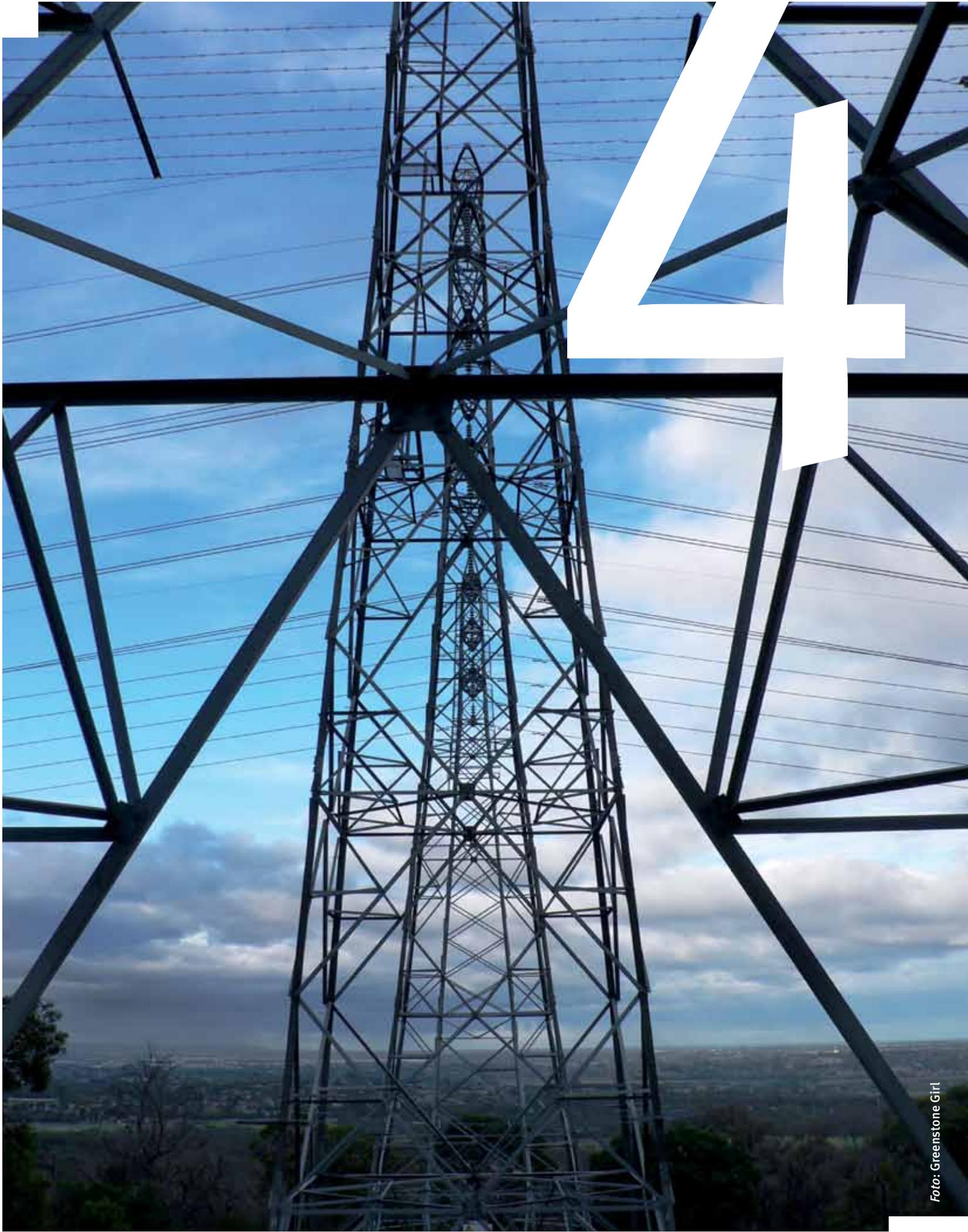
Pesca marina

Existe acuerdo generalizado en cuanto a que las pesquerías marinas han sido objeto de una mayor explotación en décadas recientes —aun si la captura total de la pesca marina se ha estabilizado o reducido ligeramente desde finales de los años ochenta— y que se ha generado la tendencia a “pescar a mayor profundidad en las redes alimentarias marinas”, es decir, una mayor proporción de la captura corresponde a especies pertenecientes a niveles tróficos más bajos (Pauly, Watson *et al.*, 2005; FAO, 2007). Sin embargo, todavía hay

cierto debate sobre el nivel general de explotación de las pesquerías marinas y su futuro, en particular porque las tendencias varían según la región. En su más reciente edición de *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, la FAO (2007) señala que la proporción de poblaciones sobreexplotadas, agotadas y completamente explotadas se ha estabilizado, hasta cierto punto, en la primera parte de esta década, luego de que se registraron aumentos importantes desde mediados de los años 1970, aunque la proporción de poblaciones subexplotadas y explotadas moderadamente sigue disminuyendo. Los datos recientes también apuntan a un marcado declive en la proporción de peces devueltos al mar en la década pasada (Kelleher, 2005). Por su parte, considerando tanto el nivel de explotación como la diversidad de las especies, Worm, Barbier *et al.* (2006, p. 790) sostiene que de continuar las tendencias actuales “para mediados del siglo XXI [se produciría un] derrumbe mundial de todos los taxones pescados hoy en día”. No es extraño que esta conclusión haya generado cierto debate (Murawski, Methot *et al.*, 2007; Worm, Barbier *et al.*, 2007).

Degradación del suelo y desertificación

Ocasionados por la creciente población humana y el mayor desarrollo económico, los cambios más radicales de los últimos 20 años en el uso del suelo se observan en la cobertura y la composición de los bosques, la expansión y uso intensificado de las tierras de cultivo, y el crecimiento de las zonas urbanas. La degradación del suelo y la desertificación son cambios que han tenido, y seguirán teniendo, profundas implicaciones para la salud humana, el medio ambiente y la economía mundial (Dent, 2007). Aunque estas tendencias son menos preocupantes en América del Norte —en particular en Canadá y Estados Unidos—, de cualquier modo pueden repercutir de manera indirecta en la región.



44

CAPÍTULO 4

Fuerzas motrices

En el contexto de los estudios que se examinan en este documento, las fuerzas motrices —también llamadas “factores indirectos”— representan aquellos factores que dan lugar a actividades que, a su vez, influyen directamente en el medio ambiente. Las fuerzas motrices citadas con mayor frecuencia reflejan la tradicional formulación IPAT: *impacto = población x afluencia x tecnología* (Chertow, 2001). A menudo, estas fuerzas motrices se complementan con otros factores sociopolíticos y culturales. En este capítulo se resumen algunas proyecciones recientes relacionadas con las pautas demográficas, la actividad económica y la tecnología.

4.1 PAUTAS DEMOGRÁFICAS

ASPECTOS PRINCIPALES:

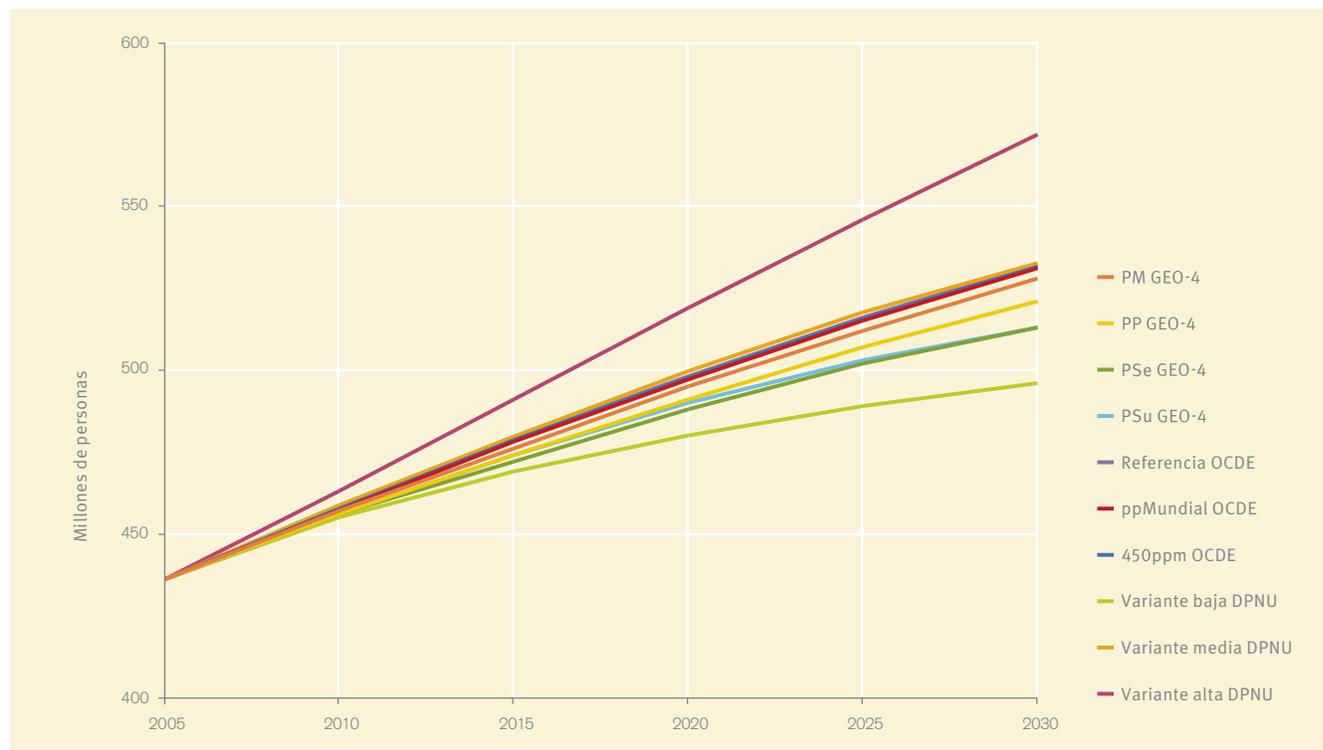
- Según las proyecciones, de 2005 a 2030 la población de América del Norte aumentará entre 60 y 135 millones de personas, es decir, entre 14 y 31 por ciento.
- Se proyecta que la población del subcontinente sea cada vez más urbana.
- Se espera que la distribución demográfica entre países se mantenga más o menos constante y que el porcentaje de la población mundial correspondiente a América del Norte disminuya un poco: de 6.7 a 6.4 por ciento, aproximadamente.

Si todo lo demás permanece igual, una mayor población ejercerá una mayor presión en el medio ambiente. Al mismo tiempo, otros factores demográficos pueden tener alguna influencia. Por ello es importante ir más allá del mero tamaño de la población y considerar también cuestiones como la migración, la urbanización y la distribución por edad (estructura etaria) de la población.

Población total⁴

En 2005 la población de América del Norte era apenas superior a los 435 millones —32 millones (7.4 por ciento) en Canadá, 300 millones (68.7 por ciento) en Estados Unidos y 104 millones (23.9 por ciento) en México—, lo que representa 6.7 por ciento de la población mundial (ONU, 2007). De acuerdo con los escenarios del *GEO-4* y la OCDE, en el periodo comprendido entre 2005 y 2030 la población de la región aumentará entre 18 y 21 por ciento, aproximadamente, lo que arrojará un total de 515 a 530 millones de habitantes en 2030 (véanse la gráfica 3 y el cuadro A2.1). Todos los escenarios de la OCDE indican las mismas tasas de crecimiento de la población, mientras que los del *GEO-4* presentan algunas variaciones. Esto se debe a que el crecimiento demográfico se usó como hipótesis exógena en el primer caso (OCDE), mientras que en los escenarios del *GEO-4* se calculó endógenamente. Estas proyecciones concuerdan con la más reciente proyección media de la División de Población de las Naciones Unidas (DPNU).⁵ Cabe señalar que las proyecciones

GRÁFICA 3: POBLACIÓN TOTAL, AMÉRICA DEL NORTE



⁴ Obsérvese que la División de Población de las Naciones Unidas (DPNU) presentó proyecciones demográficas actualizadas en la primavera de 2009, tras la publicación del primer borrador del presente informe, y que por tanto no se consideran en este documento.

⁵ Para mayores detalles sobre el trabajo de la DPNU, véase el anexo 1.

baja y alta de la DPNU definen un intervalo mayor: un crecimiento entre 14 y 31 por ciento en este periodo, lo que significa de 60 a 135 millones más de personas en América del Norte para 2030.

Esta tasa de crecimiento es un poco menor a la proyectada para el resto del mundo; con todo, se espera que el porcentaje correspondiente a América del Norte del total de la población mundial disminuya sólo de manera marginal en este periodo. Al interior del subcontinente, la tasa de crecimiento demográfico en México es hoy ligeramente superior a la de Canadá o Estados Unidos; no obstante, los estudios proyectan que para 2030 los tres países tendrán tasas de crecimiento similares e incluso algunos escenarios indican menores tasas de crecimiento en México. El efecto definitivo es que no se esperan cambios significativos en el porcentaje por país respecto del total de la población de América del Norte.

Migración

Si bien resulta difícil proyectar la migración internacional, hay varios estudios que incluyen hipótesis básicas sobre sus pautas a futuro. En la actualidad, México es uno de los países con niveles más altos de emigración neta, en particular a Estados Unidos, tendencia que se espera continúe. La División de Población de las Naciones Unidas calcula que en promedio 360,000 mexicanos emigrarán cada año entre 2005 y 2010, muchos de ellos a Estados Unidos.⁶ Canadá y Estados Unidos experimentan niveles importantes de inmigración neta: aproximadamente 200,000 y 1,200,000 personas al año, respectivamente, según cálculos de la ONU. En sus proyecciones, la ONU da por sentado que estos niveles se mantendrán más bien constantes hasta 2030. Los escenarios “primero las políticas” (PP) y “primero la sustentabilidad” (PSu) del *GEO-4* arrojan resultados similares. En el escenario “primero los mercados” (PM), que parte de la hipótesis de una apertura

considerablemente mayor de las fronteras, se proyecta que los niveles de emigración de México y de inmigración a Canadá y Estados Unidos serán 30 por ciento más altos. Por su parte, en el escenario “primero la seguridad” (PSe), en el que se consideran fronteras más cerradas, estos niveles son alrededor de 25 por ciento menores.

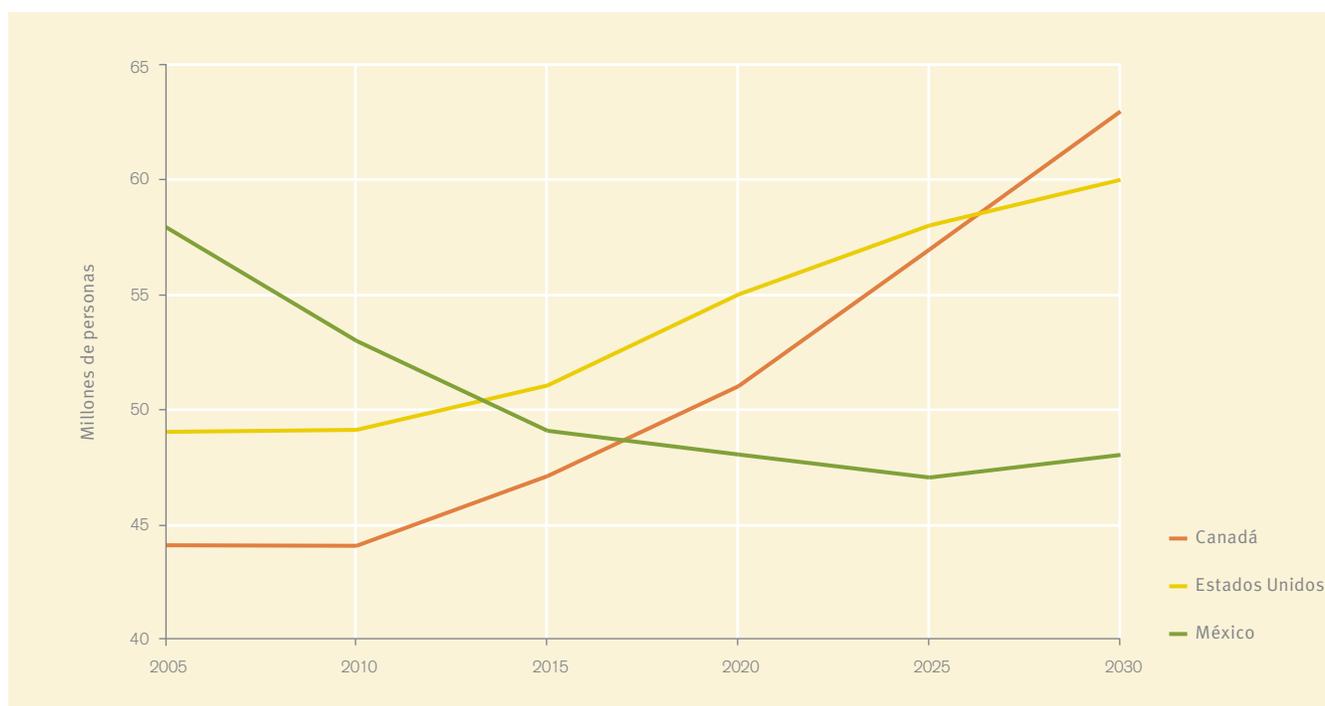
Urbanización

En 2005, la mayoría (poco menos de 80 por ciento) de la población de América del Norte vivía en zonas urbanas: 80, 76 y 81 por ciento en Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente. En su variante media,⁷ la DPNU prevé un crecimiento de la población urbana en los tres países, de modo que casi 86 por ciento de los habitantes de América del Norte vivirá en zonas urbanas en 2030. Éste es un dato significativo, pues implica una disminución absoluta de la población rural en los tres países: de cinco por ciento en Canadá, 17 por ciento en Estados Unidos y 12 por ciento en México. A escala subcontinental, los escenarios del *GEO-4* muestran la misma tendencia en Canadá y Estados Unidos. En cambio, en México, a causa de las proyecciones ligeramente más altas de crecimiento demográfico y las tasas más lentas de urbanización, se espera que la población rural aumente entre 14 y 17 por ciento, aunque su proporción respecto a la población total se reducirá.

Distribución por edad

En toda la región se espera un envejecimiento importante de la población. En 2005, las personas de 65 años o mayores representaban 13.1 por ciento de la población en Canadá, 12.3 en Estados Unidos y 5.8 en México. Para 2030 se prevé que estas cifras aumenten a 23.2, 19.4 y 12.3 por ciento, respectivamente, al tiempo que el porcentaje de la población menor de 15 años disminuye, con mayor rapidez en México.⁸ Estas variaciones se reflejan en el índice de dependencia: la

GRÁFICA 4: ÍNDICES DE DEPENDENCIA, POR PAÍS



⁶ Todas las variantes de la DPNU presentan las mismas cifras. La *Prospectiva medioambiental* de la OCDE no incluye ninguna información sobre cuestiones migratorias.

⁷ Ésta es la única variante de la DPNU para la que hay datos disponibles. La *Prospectiva medioambiental* de la OCDE no incluye ninguna información sobre urbanización.

razón de personas menores de 15 años y mayores de 64 en relación con el número de personas entre 15 y 64 años, que tradicionalmente representan la mayor parte de la fuerza laboral. Este índice aumentará en Canadá y Estados Unidos, mientras que en México seguirá a la baja durante parte del periodo antes de equilibrarse y volver a aumentar después de 2025 (véase la gráfica 4).

4.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA

ASPECTOS PRINCIPALES:

- Se espera que el crecimiento económico de América del Norte continúe siendo sólido hasta 2030.
- América del Norte seguirá siendo un actor importante en la economía mundial.
- Se proyecta que el ingreso per cápita aumente en los tres países, pero México seguirá rezagado respecto a Canadá y Estados Unidos.

Como ocurre con la población, si todo lo demás permanece igual, una mayor economía ejercerá más presión en el medio ambiente en razón de una mayor demanda de insumos materiales obtenidos o derivados del entorno natural y mayores cantidades de subproductos que se descargarán en él. No hay que olvidar la fuerte correlación entre el ingreso per cápita y el consumo individual. Por último, la forma en que la economía esté integrada es importante, pues distintos sectores pueden tener diferentes niveles de efecto por unidad de actividad.

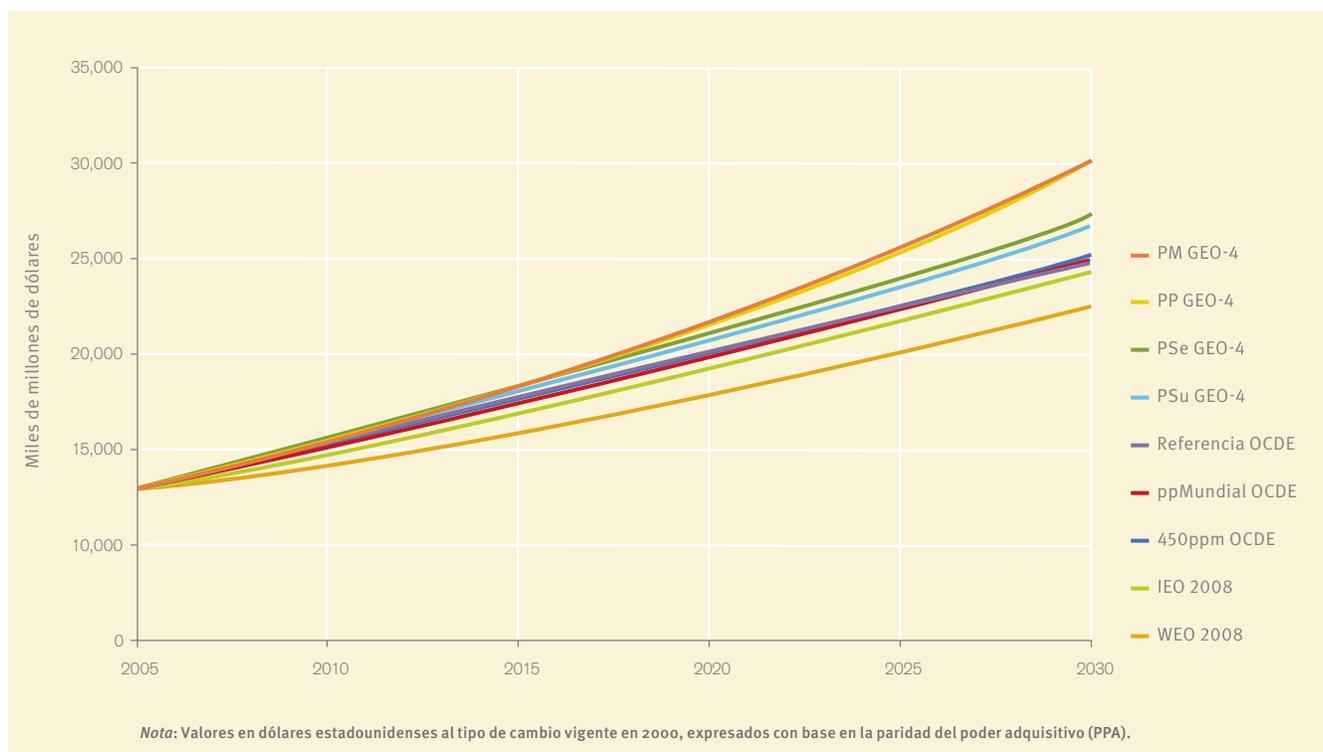
Actividad económica total

En la gráfica 5 y el cuadro A2.2 se presentan las proyecciones para el producto interno bruto total de los escenarios del *GEO-4* y la OCDE, así como de los escenarios de referencia del *World Energy Out-*

look 2008 [“Perspectivas de energía en el mundo, 2008”] (WEO 2008), de la Agencia Internacional de Energía (OCDE-AIE, 2008), y el *International Energy Outlook 2008* [“Perspectivas internacionales de energía, 2008”] (IEO 2008), de la Administración de Información sobre Energía de Estados Unidos (US EIA, 2008).⁹ Se pronostica que la economía de América del Norte crecerá de 70 a 130 por ciento entre 2005 y 2030, lo que corresponde a tasas de crecimiento anual promedio de 2.2 a 3.4 por ciento. Los escenarios de la OCDE, el WEO 2008 y el IEO 2008 muestran las menores tasas de crecimiento. Esto refleja, en parte, la hipótesis de que no habrá cambios en materia de políticas en estos escenarios, ni siquiera aquellos que podrían estimular el crecimiento. El escenario del WEO 2008 —el de más reciente publicación— también presenta menores expectativas de crecimiento en vista de las crisis financieras y el aumento de los precios de la energía en años recientes. Obsérvese que las acciones en materia de políticas que se usan como hipótesis en los escenarios ppMundial y 450ppm de la OCDE sólo tienen un efecto mínimo en el PIB proyectado. Se observan diferencias más significativas entre los escenarios del *GEO-4*, de los cuales “primero los mercados” (PM) y “primero las políticas” (PP) proyectan las mayores tasas de crecimiento. Aunque estos escenarios representan el consenso mayoritario, cabe señalar que algunos expertos, como Homer-Dixon (2008), dudan que sea posible lograr la consecuente duplicación requerida en la capacidad de producción de energía y materiales.

Se proyecta que América del Norte continúe siendo un protagonista de la economía mundial. Su participación en el PIB mundial en 2005 era apenas inferior a 24 por ciento. En los escenarios del *GEO-4* y la OCDE se espera que esta participación continúe siendo superior a 20 por ciento en 2030, mientras que en los escenarios del IEO 2008 y el WEO 2008, que se basan en la hipótesis de un crecimiento

GRÁFICA 5: PIB TOTAL, AMÉRICA DEL NORTE



⁸ En la variante alta de la DPNU, que incluye mayores tasas de fecundidad, estos valores presentan un ligero incremento en Canadá y Estados Unidos.

⁹ Para mayores detalles sobre estos estudios, véase el anexo 1.

relativamente más veloz en el mundo en desarrollo, tal porcentaje se reduce a entre 16 y 18 por ciento. En la región, Estados Unidos seguirá siendo el actor dominante, con pocos cambios respecto de su participación de 85 por ciento del mercado de América del Norte en todas las proyecciones. Sin embargo, hay un aspecto en el que los estudios difieren: los escenarios del *GEO-4* son relativamente menos optimistas en relación con el crecimiento de México y más optimistas con el de Canadá y Estados Unidos.

PIB per cápita

Se proyecta que el producto interno bruto per cápita aumente considerablemente entre 2005 y 2030 en los tres países de América del Norte (véanse la gráfica 6 y el cuadro A2.3). No obstante, la amplitud del crecimiento proyectado varía considerablemente por país y escenario: desde un aumento mínimo de 40 por ciento para Canadá y Estados Unidos en el escenario del WEO 2008 hasta una duplicación para México en los escenarios de la OCDE y el IEO 2008. En términos generales, estos dos últimos escenarios son más optimistas respecto al crecimiento de México y menos optimistas respecto al de Canadá y Estados Unidos. Sólo en estos escenarios se observa una convergencia real en el PIB per cápita. Con todo, aun en el más optimista de los casos, se proyecta que el PIB per cápita de México sea en 2030 apenas superior a 35 por ciento del estadounidense, en comparación con 27 por ciento en 2005.

Composición sectorial de la actividad económica

En la gráfica 7 y el cuadro A2.4 se presenta información sobre la división sectorial de la actividad económica en función de la proporción del PIB total correspondiente a cada sector. Los valores mostrados en la gráfica 7 representan un promedio de los cuatro escenarios del *GEO-4*, toda vez que las diferencias entre ellos fueron mínimas. Cabe señalar que el presente informe ofrece una visión más desglo-

sada de la economía que la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE u otros estudios.

De acuerdo con los resultados, no se prevén cambios radicales de aquí a 2030 en la composición sectorial de la actividad económica al interior de cada país. Hoy día, el sector de servicios predomina en los tres países y continuará aumentando su participación, en especial en Estados Unidos, donde representa casi 70 por ciento de la economía. El porcentaje de la producción económica generada en el siguiente sector más importante —la manufactura— se mantendrá bastante constante. Se proyecta que los sectores de tecnologías de información y comunicación, por un lado, y materiales, por el otro, crezcan en los tres países, pero ambos a partir de un nivel actual reducido. Si bien se prevén algunas reducciones pronunciadas en la participación de la agricultura y el sector energético, esta menor participación no necesariamente se traducirá en una disminución absoluta del tamaño de dichos sectores dado el crecimiento general de las economías.

4.3 TECNOLOGÍA

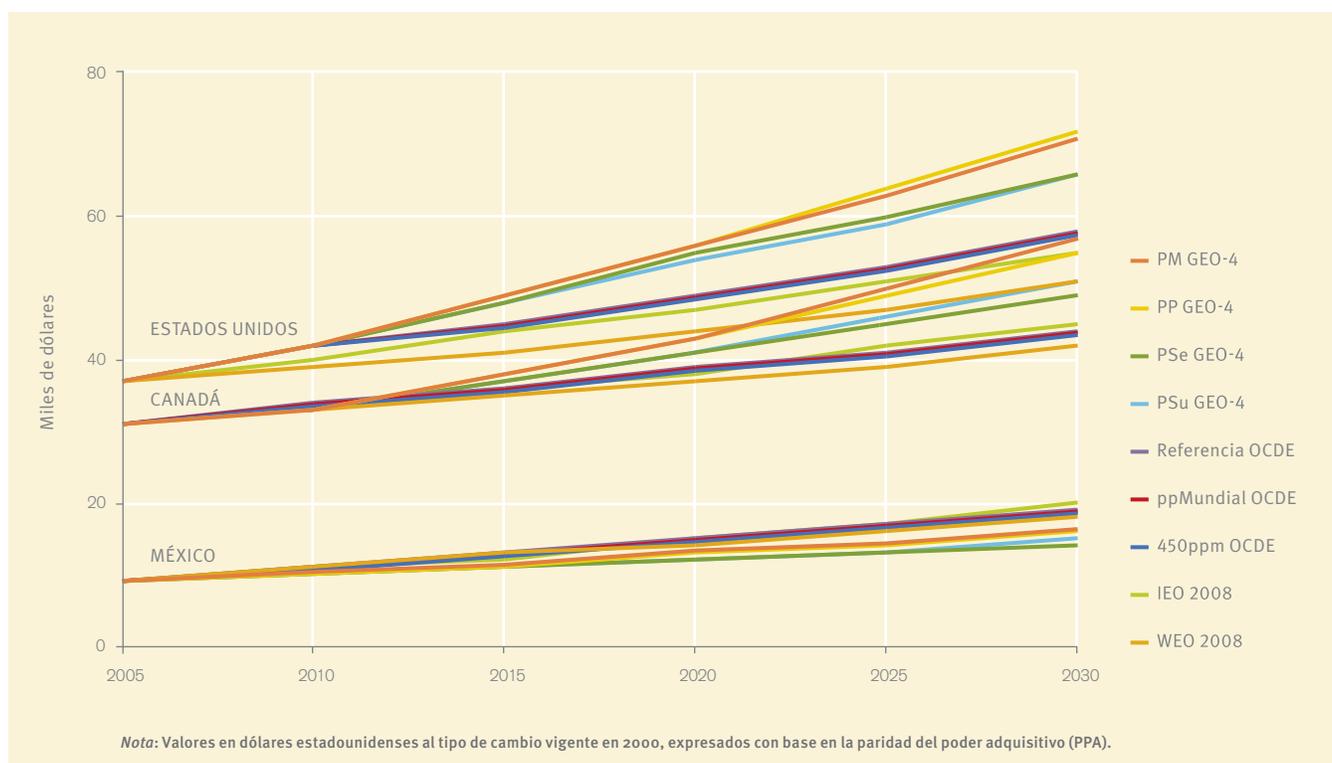
ASPECTOS PRINCIPALES:

- Se espera que en las décadas venideras las nuevas tecnologías transformen a las sociedades, al menos en la misma medida en que lo han hecho en las décadas anteriores.
- El efecto definitivo del cambio tecnológico en el medio ambiente no está del todo claro y variará en función de cada caso.

La tecnología es un elemento fundamental para identificar el impacto humano en el medio ambiente. Así como los factores demográficos y económicos determinan en gran medida la magnitud de nuestros deseos, la tecnología es lo que define la forma en que los satisfacemos.

El cambio tecnológico puede reducir las presiones ambientales mediante una mayor eficiencia que, a su vez, permita reducir el uso

GRÁFICA 6: PIB PER CÁPITA, POR PAÍS



de recursos y la producción de residuos respondiendo al mismo nivel de demanda. Ahora bien, esta menor presión por unidad de demanda puede traducirse al mismo tiempo en un aumento de las presiones generales si da lugar a una mayor demanda, fenómeno conocido comúnmente como “efecto de rebote”. Un ejemplo a escala individual: la compra de un auto más eficiente en el consumo de combustible y, por ende, de uso menos costoso, puede dar lugar a que una persona conduzca más. De hecho, a escala social, el avance tecnológico ha sido fundamental para el crecimiento tanto de la población como de la economía. El cambio tecnológico también puede generar mayores presiones cuando crea productos y demandas nuevos (por ejemplo, equipo electrónico y los correspondientes “residuos electrónicos”). Puede, en síntesis, tener efectos positivos en un aspecto del medio ambiente, pero negativos en otro. Por ejemplo, el uso de biocombustibles puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pero también ejercer una presión adicional en los recursos terrestres, a menudo a costa de la biodiversidad. Por ende, en muchos casos, los efectos agregados del cambio tecnológico son ambiguos o inciertos.

En la mayoría de las proyecciones en materia ambiental, las hipótesis sobre el cambio tecnológico se imponen de manera exógena. En general, el escenario de referencia de la OCDE presupone que:

- Las nuevas tecnologías transformarán a las sociedades en las décadas venideras, al menos en la misma medida en que lo hicieron en décadas anteriores, aun cuando las áreas específicas de desarrollo tecnológico puedan variar.
- El cambio tecnológico es neutro desde el punto de vista del medio ambiente. Es decir, la tecnología no reduce por sí sola los efectos en el medio ambiente.

Sin embargo, en sus escenarios ppMundial y 450ppm (variantes relacionadas con las políticas), la OCDE sí incluye la posibilidad de que ocurran cambios tecnológicos acelerados como consecuencia de la adopción de medidas basadas en políticas.

Los escenarios del *GEO-4* son un poco más explícitos por cuanto identifican diferentes sucesos en función tanto de los niveles de inversión para mejoramiento tecnológico, como de la importancia otorgada a tales inversiones, el acceso a las nuevas tecnologías y su disponibilidad. En resumen:

- En “primero los mercados” (PM) se presentan altos niveles de inversión, con predominio del sector privado. Se pone el acento en la eficiencia económica y las utilidades. El acceso a la tecnología depende de la capacidad de pago.
- En “primero las políticas” (PP) hay altos niveles de inversión, pero son los gobiernos los que desempeñan un papel más importante. Se logra un equilibrio entre la eficiencia económica y las mejoras ambientales. Se fomentan activamente la transferencia y difusión de la tecnología.
- En “primero la seguridad” (PSe), las inversiones son menores. Se presta más atención a los aspectos militar y de seguridad. Se protege celosamente el acceso a tecnologías clave.
- En “primero la sustentabilidad” (PSu) hay altos niveles de inversión de fuentes diversas. Se pone énfasis en las tecnologías ambientalmente benignas. Se fomentan en forma activa la transferencia y la difusión de tecnología, lo que incluye el impulso a actividades más abiertas.

En ningún estudio se prevén avances tecnológicos realmente revolucionarios de aquí a 2030.

Desde luego, cuando se trata de modelos cuantitativos, estos supuestos generales deben adoptar la forma de cambios en factores específicos, como: eficiencia en el consumo de energía y agua, coeficientes de emisión de contaminantes, producción agropecuaria, costo y disponibilidad de ciertos recursos, e índices de cambio en la productividad económica general. Aunque en este capítulo se han omitido sus detalles, tales supuestos se reflejan en los resultados presentados en otras partes del informe.

GRÁFICA 7: DESGLOSE SECTORIAL DEL PIB TOTAL, POR PAÍS

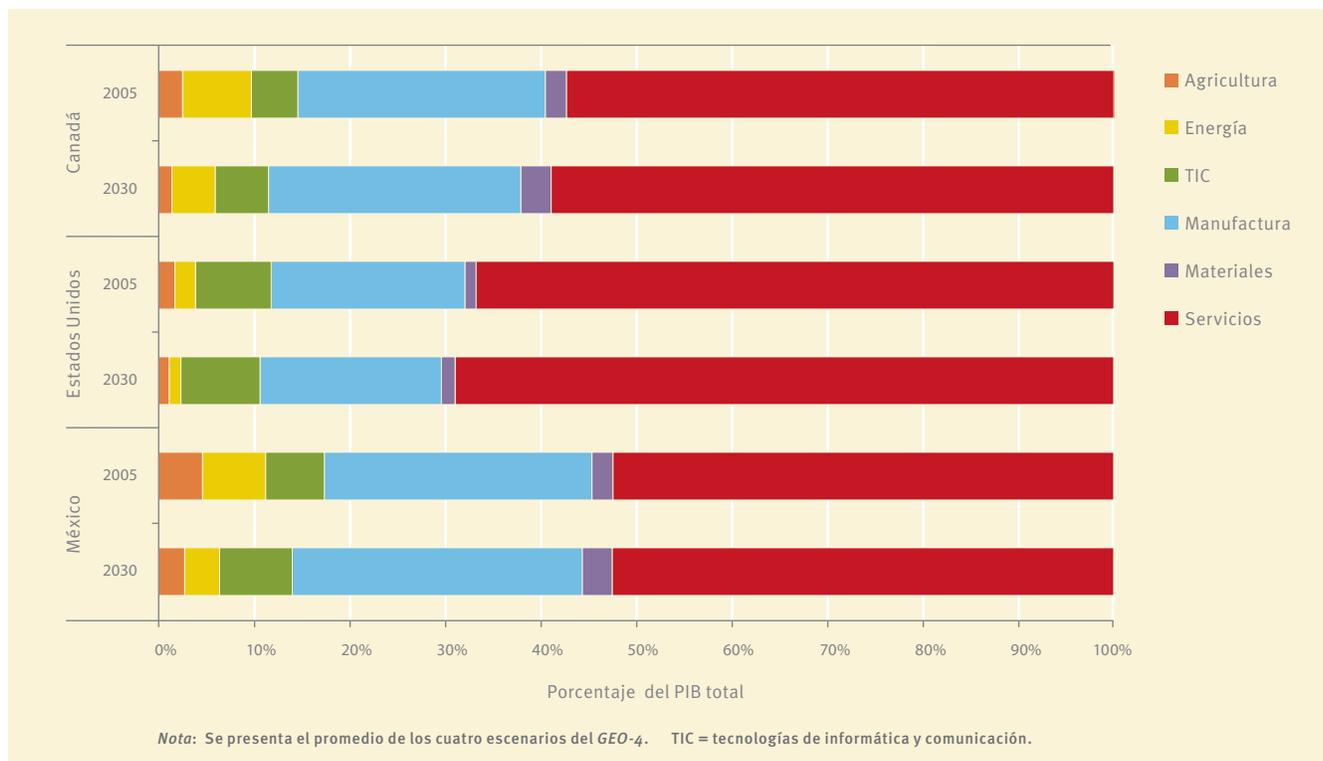




Foto: Eric Yip

CAPÍTULO 5

Presiones

5.1 INTRODUCCIÓN

La humanidad interactúa permanentemente con el entorno natural, transformándolo. Nuestra existencia depende de la explotación de los recursos naturales. A la larga, estos recursos se devuelven al medio ambiente, a menudo en forma de lo que denominamos “contaminantes” por sus efectos negativos.

Estos flujos —de lo que se toma del entorno y luego se devuelve al mismo— son los factores de presión que ocasionan cambios en el estado del medio ambiente. En importante medida, su magnitud y naturaleza están determinadas por las fuerzas motrices abordadas en el capítulo anterior, es decir: el tamaño y la composición de la población, el nivel y el carácter de la actividad económica, al igual la tecnología disponible. Así, las diferencias observadas en las proyecciones de tales fuerzas motrices se pondrán de manifiesto en las proyecciones de los factores de presión que se presentan en este capítulo. Las reglamentaciones ambientales vigentes y eventuales —relacionadas, por ejemplo, con las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos de criterio— también influirán en la futura evolución de estas presiones.

A continuación se analiza lo que los estudios señalan respecto a una serie de flujos que podrían cambiar en América del Norte en las próximas décadas. En lo relativo a la extracción, producción y uso de recursos, la atención se centra en recursos energéticos, agua, productos agropecuarios, productos forestales, biota marina y otros recursos, en especial minerales. Por cuanto a la generación de desechos y residuos, se incluyen emisiones de gases de efecto invernadero, contaminantes atmosféricos de criterio y descargas de agua contaminada (de aguas residuales y de fuentes difusas). Lo ideal habría sido considerar en todos los casos el comercio internacional, pues permite separar geográficamente la extracción, la producción, el uso y la eliminación de muchos recursos; sin embargo, esto fue posible sólo en algunos casos, sobre todo en lo concerniente a la energía y los alimentos, aun cuando se reconoce que América del Norte es un destacado importador neto de muchos productos, incluidos los de la pesca marina (FAO, 2007).

Por último, obsérvese que hay una serie de indicadores adicionales de la presión ambiental, entre otros: la huella ecológica (Ewing, Goldfinger *et al.*, 2008), los índices de influencia y huella humanas (Sanderson, Jaiteh *et al.*, 2002),¹⁰ y una medición del efecto antropogénico en los ecosistemas marinos (Halpern, Walbridge *et al.*, 2008).

La humanidad interactúa permanentemente con el entorno natural, transformándolo. Nuestra existencia depende de la explotación de los recursos naturales.

¹⁰ Véase también <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/>>.

Aunque estos indicadores ofrecen acercamientos interesantes, a la fecha no ha habido tentativas sistemáticas para proyectarlos a futuro en una escala regional o nacional. Por ello, no se consideran en el presente informe.

5.2 EXTRACCIÓN, PRODUCCIÓN Y USO DE RECURSOS

ASPECTOS PRINCIPALES:

Energía

- Los pronósticos sobre el uso y la producción de energía en el futuro varían ampliamente, dependiendo de las hipótesis adoptadas en materia de políticas.
- Dadas las proyecciones de la demanda en Estados Unidos, la región seguirá siendo un importador neto de energía, aunque en lo individual Canadá y México continuarán siendo exportadores netos de energía.
- Si bien la demanda de fuentes alternativas de energía —como los biocombustibles y la energía eólica— aumentará con el tiempo, los combustibles fósiles seguirán predominando en el consumo de energía primaria.
- Se proyecta que la intensidad energética, es decir, el consumo de energía por unidad de actividad económica, disminuya gracias a la mayor eficiencia, los cambios estructurales en la economía y los avances tecnológicos.

Otros recursos

- En la mayor parte de los escenarios se plantea que el consumo elevado de agua continuará en el futuro.
- América del Norte seguirá siendo un importante exportador neto de productos agropecuarios.
- Se prevé que la producción maderera aumente entre 65 y 85 por ciento para 2030.
- Se espera un mayor número de desembarques de las pesquerías marinas colindantes con América del Norte, excepto en el Atlántico noroeste.

5.2.1 RECURSOS ENERGÉTICOS

Producción energética

Los tres países de América del Norte son importantes productores de energía primaria, aunque los modelos examinados para este estudio ponen de manifiesto diferencias considerables entre los escenarios de producción de energía primaria a escala nacional. En el nivel más general, parece que la producción de petróleo y gas natural decaerá en Estados Unidos, la de gas natural y energía nuclear crecerá en México y la de hidroelectricidad aumentará en Canadá; asimismo, la producción de otras energías renovables será mayor en los tres países. Para ser más específicos, se espera que la producción energética de Canadá siga creciendo hacia 2030, pues se prevé que la producción petrolera total aumente como consecuencia directa de una mayor producción de las arenas bituminosas (NEB, 2007). En general, también se espera un aumento de la producción energética estadounidense hacia 2030 (US EIA, 2007). Se proyecta

que la producción de carbón rebase la de otros combustibles, lo que será atribuible tanto a una oferta nacional muy grande como a un aumento de la demanda.

Uso de energía

Se han hecho numerosas proyecciones en cuanto al uso de energía en América del Norte, lo mismo a escala nacional que internacional. Además de los resultados de los escenarios del *GEO-4* y de la OCDE, en este apartado se consideran también los correspondientes a los escenarios de referencia de los informes *World Energy Outlook 2008*, de la Agencia Internacional de Energía (OCDE-AIE, 2008), e *International Energy Outlook 2008*, de la Administración de Información sobre Energía de Estados Unidos (US EIA, 2008), pues contienen datos comparables para los tres países de América del Norte.¹¹

Los estudios presentan una amplia gama de posibilidades para el uso de energía en América del Norte hacia 2030. La gráfica 8 y el cuadro A2.5 muestran que todos los escenarios proyectan un aumento en el consumo total de energía hasta 2015, pero después éstos comienzan a diferir considerablemente. En los escenarios “primero la sustentabilidad” (PSu) del *GEO-4* y 450ppm de la OCDE, el consumo energético total se reduce a niveles cercanos a los observados en 2005. Por su parte, en los escenarios “primero los mercados” (PM) y “primero la seguridad” (PSe) del *GEO-4* se proyectan aumentos de más de 40 por ciento entre 2005 y 2030.

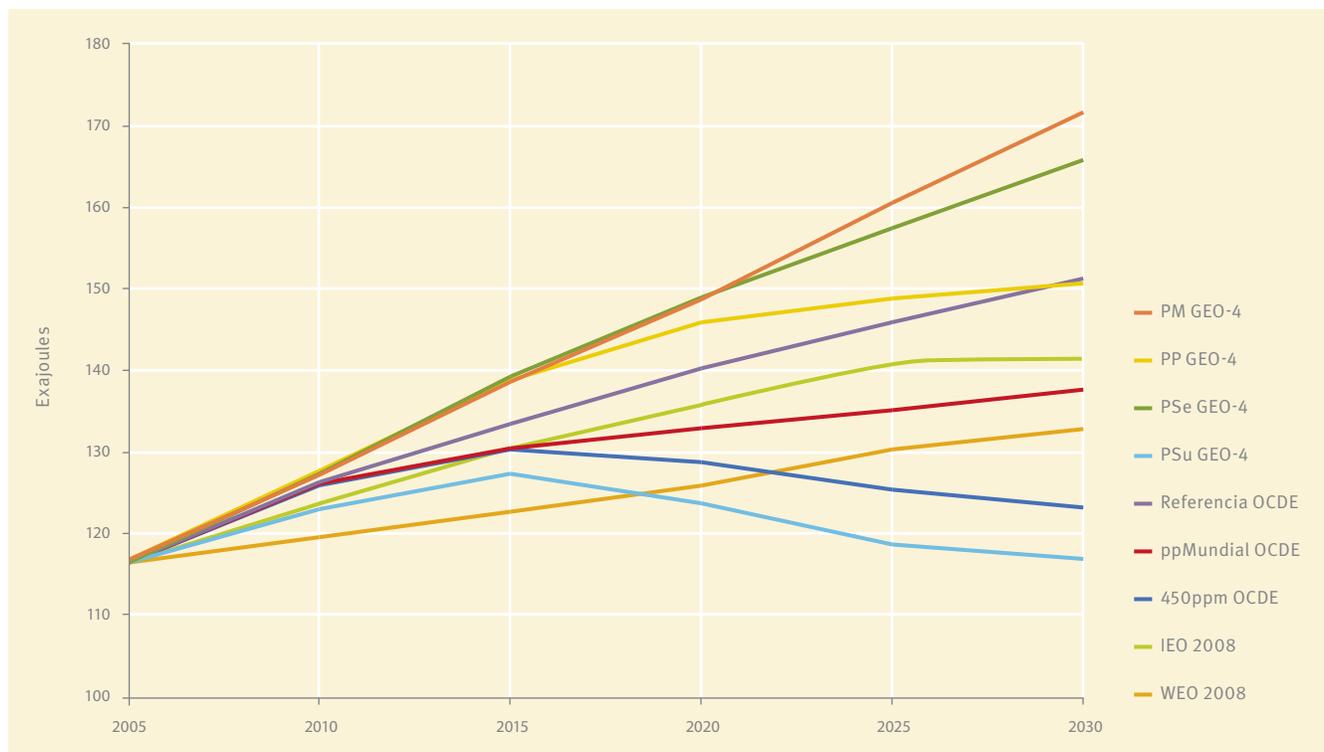
En cada escenario, los mayores aumentos proyectados en el consumo total de energía corresponden a México: más del doble en PM *GEO-4* y de 50 por ciento incluso en PSe *GEO-4*. Aun así, se proyecta que Estados Unidos mantenga el liderazgo en consumo total de energía en América del Norte, pues en todos los escenarios se le asigna una participación superior a 80 por ciento.

Al comparar los datos se observa que la región, en su conjunto, seguirá siendo un importador neto de recursos energéticos; ello sobre todo en función de las proyecciones de consumo para Estados Unidos. Por su parte, Canadá y México continuarán como exportadores netos de energía.

Asimismo, los diferentes escenarios muestran una amplia variación en la evolución del consumo de energía per cápita (gráfica 9 y cuadro A2.6). En la actualidad, dicho consumo es cinco veces mayor en Estados Unidos y Canadá que en México. Se proyecta una disminución en esta diferencia, pues todos los escenarios indican aumentos en el consumo energético per cápita en México, pero disminuciones o acaso menores aumentos en Estados Unidos y Canadá, dependiendo del escenario. No obstante, incluso en el escenario con la mayor convergencia —el ppMundial de la OCDE—, el consumo de energía per cápita en México sigue representando apenas poco más de una tercera parte del de Estados Unidos en 2030.

En todos los escenarios se proyecta un declive de la intensidad energética —el consumo de energía por unidad de PIB— en los tres países, pero con mayor rapidez en Estados Unidos y Canadá que en México (gráfica 10 y cuadro A2.7). Las reducciones más considerables para Canadá y Estados Unidos se observan en los escenarios PSu *GEO-4* y 450ppm de la OCDE: del orden de casi 50 por ciento. En cuanto a México, la mayor reducción —de 40 por ciento— se proyecta en el escenario 450ppm de la OCDE. Llama la atención que todos los escenarios del *GEO-4* presenten como resultado final una intensidad energética de la economía estadounidense menor que la de México en 2030. Según las proyecciones, en todos los escenarios Canadá seguirá teniendo la mayor intensidad energética. Sin embargo, es importante ubicar estos resultados en contexto, pues una parte importante del uso de energía en Canadá y México se relaciona con la producción de energía para exportación.

GRÁFICA 8: CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA, AMÉRICA DEL NORTE

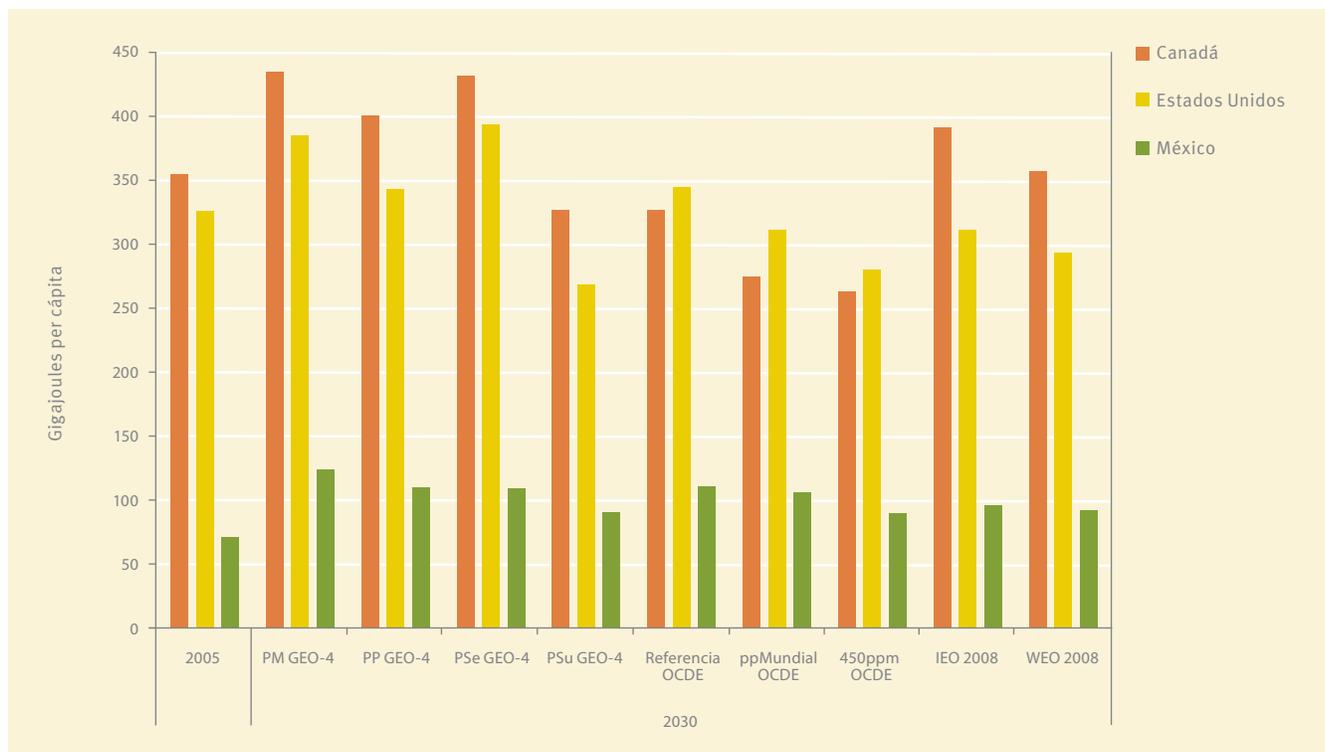


¹¹ Para mayores detalles sobre estos estudios, véase el anexo 1.

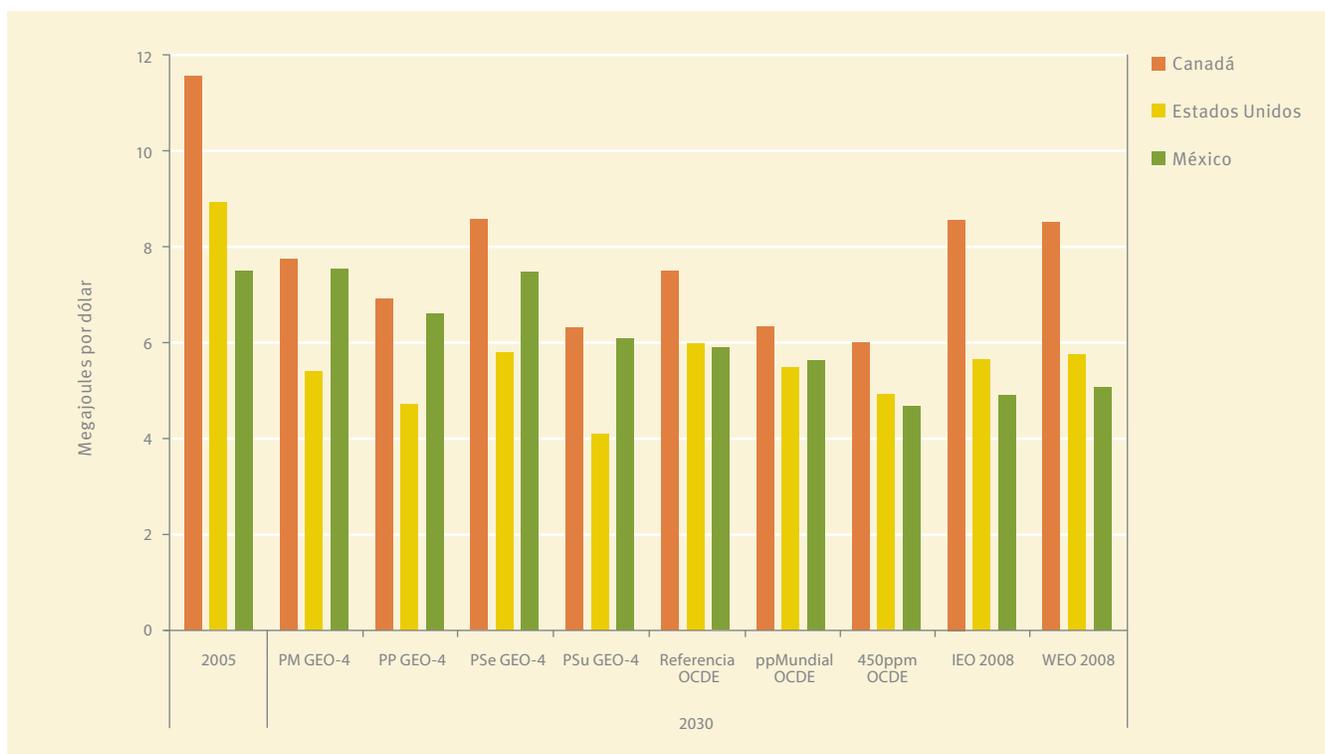
En el cuadro A2.5 se presentan datos sobre el consumo de energía por combustible de acuerdo con varios estudios, en tanto que en la gráfica 11 se muestran estos datos como porcentajes para toda América del Norte. Se espera que el predominio de los combustibles fósiles

—carbón, petróleo y gas natural— en la composición de la generación eléctrica de América del Norte continúe en 2030. Actualmente, 85 por ciento del uso de energía primaria corresponde a tales combustibles. Este porcentaje disminuye ligeramente en los escenarios PSu GEO-4

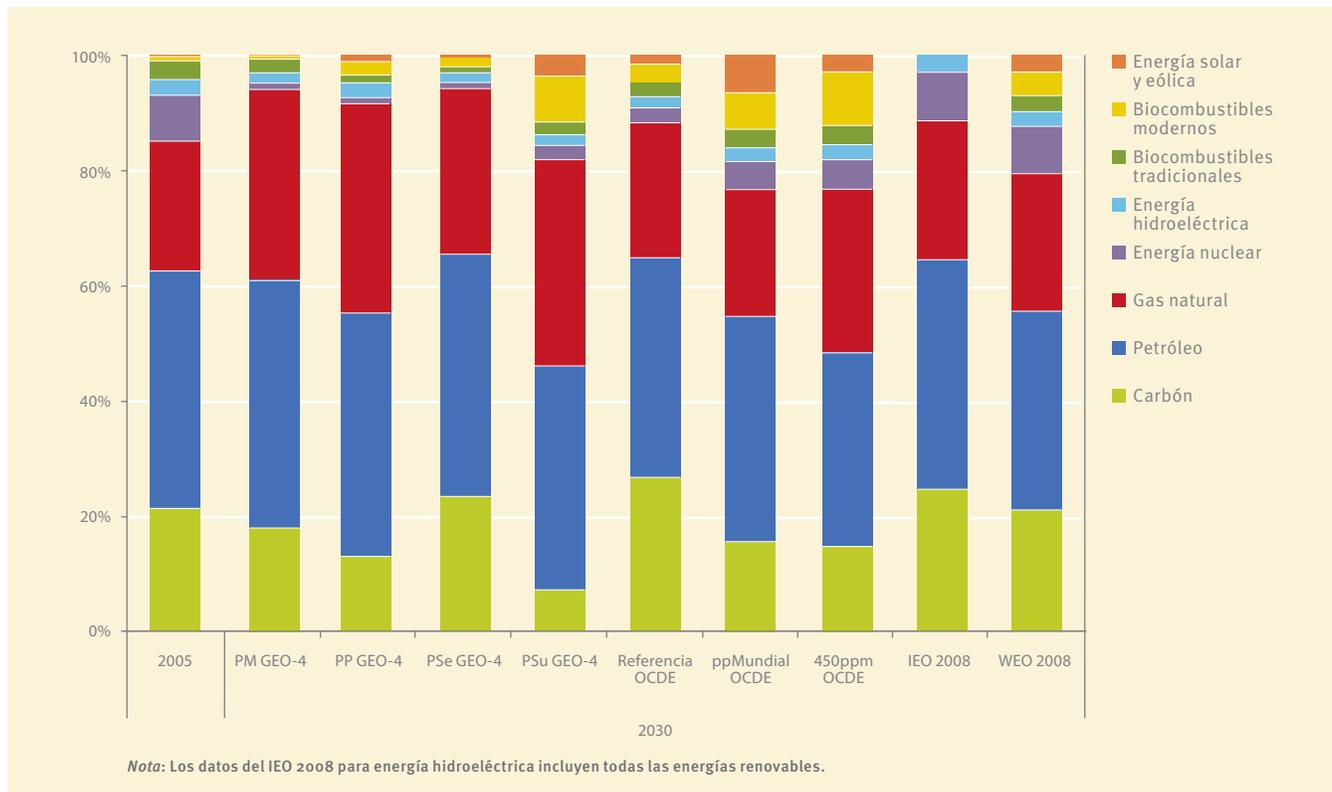
GRÁFICA 9: CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA PER CÁPITA, POR PAÍS



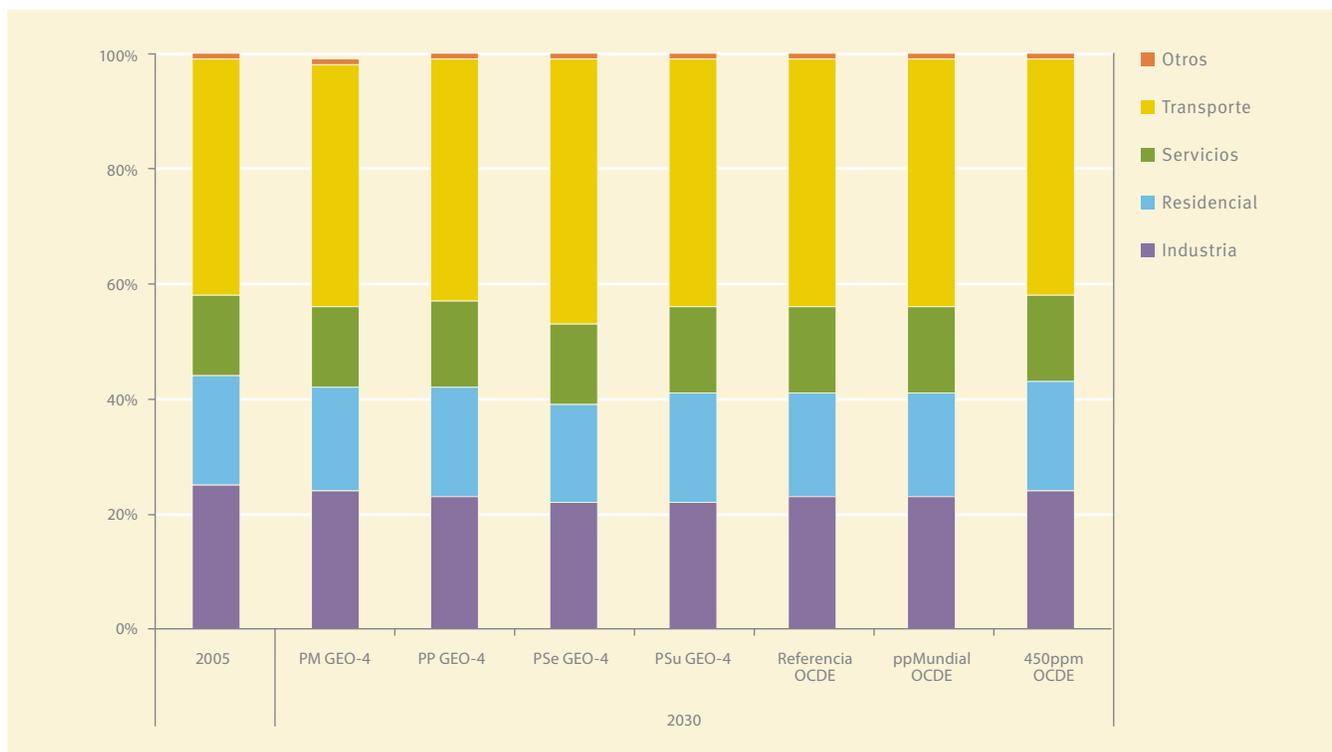
GRÁFICA 10: CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR UNIDAD DE PIB, POR PAÍS



GRÁFICA 11: PORCENTAJE DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE O COMBUSTIBLE, AMÉRICA DEL NORTE



GRÁFICA 12: PORCENTAJE DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA TOTAL POR SECTOR, AMÉRICA DEL NORTE



y WEO 2008, y presenta un decremento algo mayor en los escenarios 450ppm y ppMundial de la OCDE, sobre todo como resultado de las diferencias proyectadas en los porcentajes correspondientes al carbón frente a los biocombustibles modernos, la energía solar y la energía eólica. Sin embargo, en el resto de los escenarios el porcentaje del consumo energético total correspondiente a combustibles fósiles aumenta todavía por arriba del nivel actual. Es importante observar que incluso en los escenarios más optimistas (los de la OCDE), la participación proyectada para las fuentes de energía renovable se ubica por debajo de 25 por ciento. Como ocurre con la participación de los diferentes sectores en la economía, en vista del aumento general proyectado en el consumo energético, menores proporciones no necesariamente implican disminuciones absolutas en el uso de energía para un combustible en particular.

Estas pautas de cambio se evidencian en las proyecciones para cada uno de los países, aunque hay algunas diferencias dignas de atención. Por ejemplo, se espera que en Canadá haya una mayor contribución de la energía hidroeléctrica que en Estados Unidos o México, pero en estos dos países se proyectan grandes aumentos en energía solar y eólica.

En la gráfica 12 y el cuadro A2.8 se ofrece información de los escenarios de la OCDE y el GEO-4 sobre las proyecciones para el consumo final de energía total por sector.¹² El transporte representa hoy la mayor proporción en los tres países, lo que refleja su importancia en la demanda energética; se espera que esta proporción aumente ligeramente para 2030. También se prevé que los servicios den cuenta de una proporción creciente en el uso final de energía.

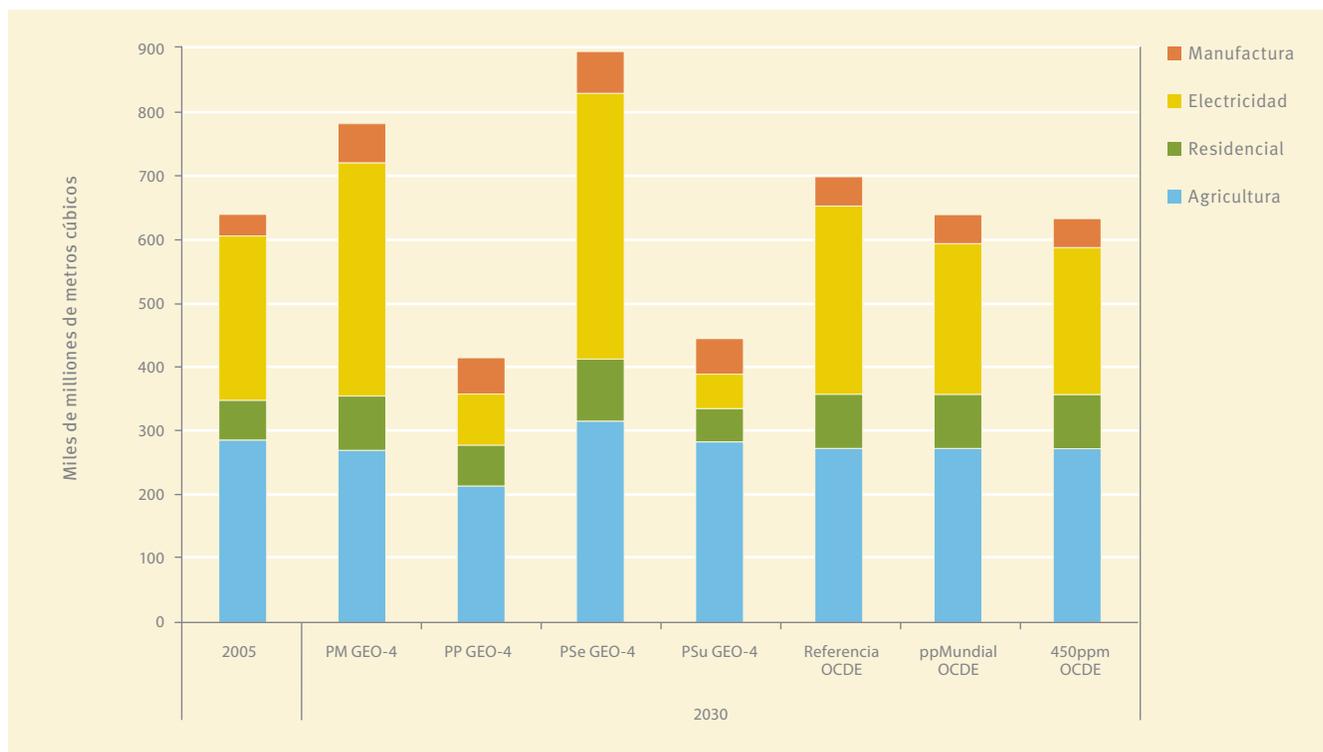
Estas tendencias son más pronunciadas en Canadá y México, donde las reducciones compensatorias en las proporciones se observan sobre todo en los sectores industrial y residencial, respectivamente. De nuevo, conviene recordar que, en virtud del mayor consumo general de energía, una disminución en la proporción de un sector en particular puede seguir representando un aumento absoluto en su uso de energía.

5.2.2 AGUA

Las extracciones¹³ de agua dulce en América del Norte exceden hoy los 600,000 millones de metros cúbicos al año (véanse las gráficas 13 y 14, y el cuadro A2.9). Canadá (1,439 metros cúbicos por persona en 2005) y Estados Unidos (1,833 metros cúbicos por persona) extraen un volumen de agua per cápita considerablemente mayor que el extraído por México (548 metros cúbicos por persona). Para América del Norte en su conjunto, la agricultura (aproximadamente 45 por ciento) y la generación eléctrica (alrededor de 40 por ciento) ejercen un predominio en la extracción de agua. Canadá extrae un volumen significativamente mayor de agua para la generación eléctrica que para la agricultura; en México ocurre lo contrario, y Estados Unidos se ubica en un nivel intermedio en este aspecto.

Los escenarios de la OCDE y el GEO-4 indican la posibilidad de muchos futuros diferentes respecto a las extracciones de agua. En el escenario de referencia de la OCDE se proyecta un aumento de aproximadamente diez por ciento en la extracción total de agua en América del Norte, con el crecimiento más veloz en los sectores residencial y manufacturero, y una disminución absoluta del uso de

GRÁFICA 13: EXTRACCIONES DE AGUA POR SECTOR, AMÉRICA DEL NORTE



¹²Los estudios IEO 2008 y WEO 2008 contienen datos similares, pero usan diferentes categorías de combustibles y sectores, lo que impediría las comparaciones entre escenarios. En cualquier caso, se considera que su inclusión no modificaría las conclusiones principales.

¹³Obsérvese que la extracción de agua es el volumen total del líquido tomado del segmento terrestre del ciclo del agua. El consumo se entiende como la parte de la extracción que no retorna al ciclo del agua en tierra. La relación entre consumo y extracción puede diferir entre sectores, de modo que estos resultados deben utilizarse con cuidado en comparaciones con otros datos en los que el consumo es la medida fundamental del uso de agua.

agua en la agricultura. En los escenarios ppMundial y 450ppm de la OCDE no hay un aumento generalizado, lo que se debe casi por entero a las menores demandas del sector eléctrico. Los escenarios del *GEO-4* presentan una diversidad de proyecciones mucho mayor: desde una disminución de más de 30 por ciento hasta un aumento de casi 40 por ciento. Las mayores diferencias absolutas entre escenarios se manifiestan en el sector eléctrico. Tanto en los escenarios de la OCDE como en los del *GEO-4*, ello es reflejo sobre todo de las diferencias en el uso de energía entre un escenario y otro, pero también de las mejoras en la eficiencia del uso de agua, como resultado en parte de la prevista aplicación de tarifas más congruentes y generalizadas para el líquido y la reducción de los subsidios a su consumo. También influyen las diferencias en el crecimiento demográfico y la actividad económica general.

Los escenarios de la OCDE muestran disminuciones en la extracción de agua per cápita en Canadá y Estados Unidos, así como ligeros aumentos en México, con cierta convergencia general para 2030. Estas tendencias difieren entre los escenarios del *GEO-4*, con una convergencia considerable en los escenarios “primero las políticas” (PP) y “primero la sustentabilidad” (PSu).

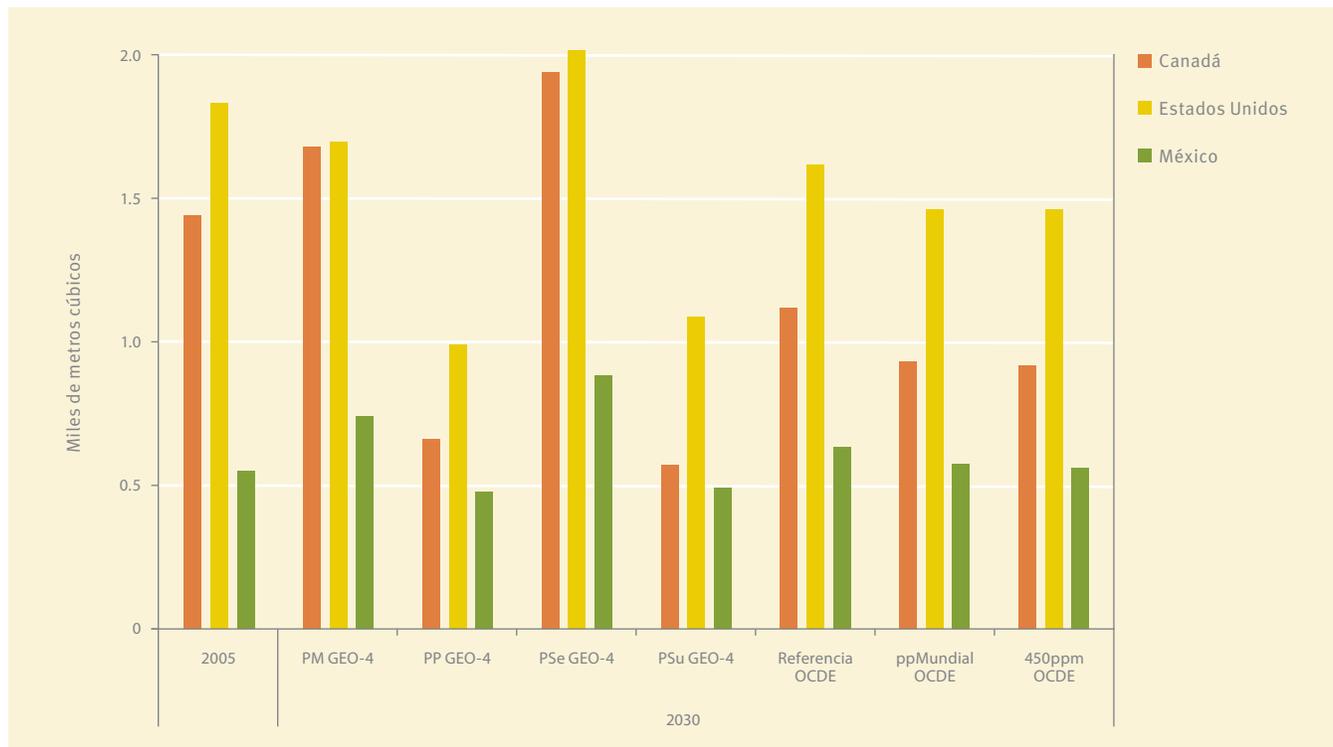
5.2.3 PRODUCTOS AGROPECUARIOS

En el subapartado anterior se puso de relieve el importante papel del sector agropecuario en la demanda de agua. Este sector es también un usuario predominante del suelo, tema al que se volverá más adelante, y de otros recursos como los fertilizantes. Ahora la mirada se ubicará en las dimensiones del sector en lo que respecta a la producción y demanda de productos agropecuarios.

En las gráficas 15 y 16 y los cuadros A2.11 a A2.13 se presentan los resultados de los escenarios del *GEO-4* para la producción y la demanda de productos agropecuarios.¹⁴ La producción total en América del Norte excede ya los mil millones de toneladas. Alrededor de 90 por ciento son productos agrícolas (de origen no-animal), un poco menos en Canadá y Estados Unidos y un poco más en México. Se muestra una distribución similar en la demanda de productos agropecuarios. Sin embargo, cabe señalar que una parte de la demanda, y por tanto de la generación, de productos agrícolas es para uso en la producción pecuaria. En 2005, la demanda de alimento para cría de animales dio cuenta de 41, 30 y 21 por ciento de la demanda agrícola total en Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente. Tales diferencias entre países también ayudan a explicar por qué en la gráfica 16 las disimilitudes de un país a otro en la disponibilidad de alimentos per cápita —indicador razonable del consumo alimentario— son menores que las registradas en la demanda per cápita de productos agropecuarios. Esto se debe a que los productos pecuarios, cuya producción requiere una cantidad sustancial de productos agrícolas, constituyen una parte mayor del consumo de alimentos en Canadá y Estados Unidos en comparación con México.

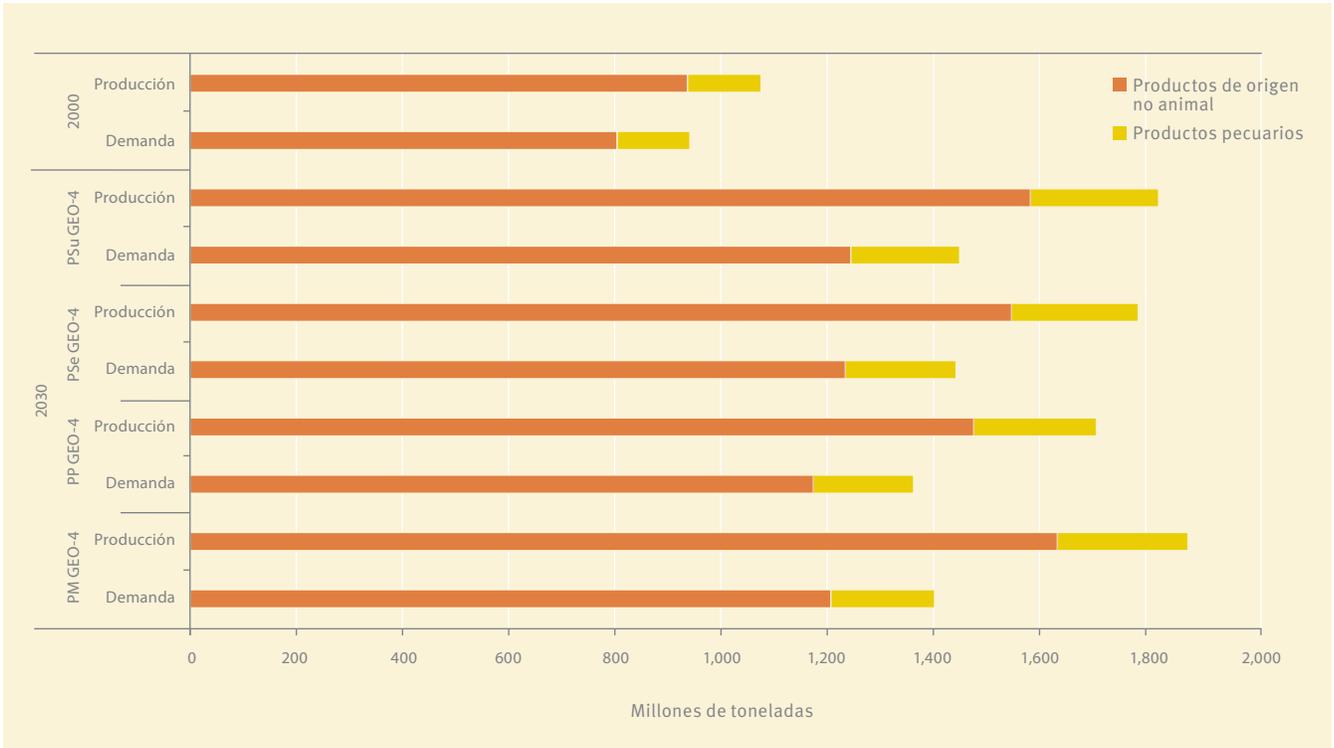
También se observa que la producción rebasa la demanda total, lo cual obedece a que el subcontinente es un exportador neto de productos agropecuarios. Esta pauta prevalece a escala nacional, con la única excepción de que hoy día la demanda de productos pecuarios excede ligeramente su producción en México. A pesar de que la demanda per cápita de productos tanto pecuarios como agrícolas (de origen no-animal) es menor en México en comparación con Canadá y Estados Unidos, las proyecciones de los escenarios del *GEO-4* indi-

GRÁFICA 14: EXTRACCIONES DE AGUA PER CÁPITA, POR PAÍS

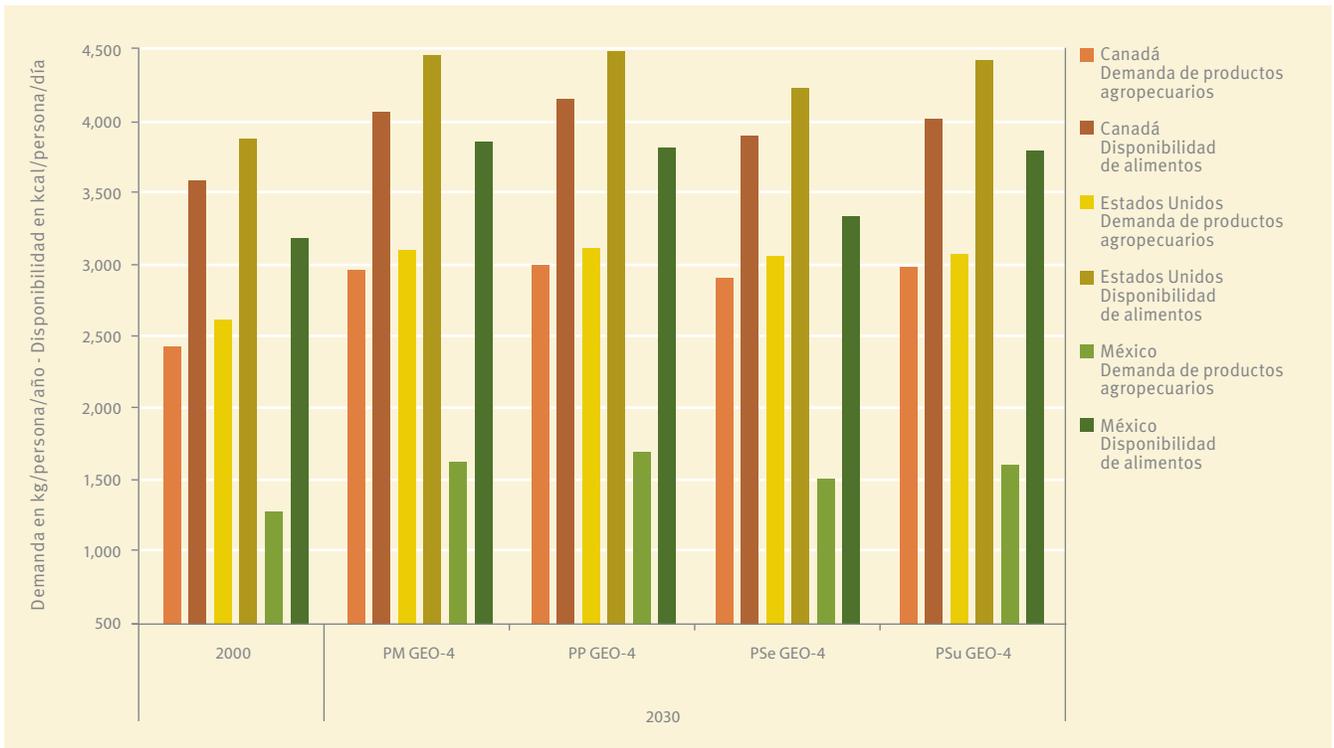


¹⁴ Los escenarios de la OCDE sí ofrecen algunos resultados sobre la producción agropecuaria, pero corresponden sólo a un subconjunto de los presentados en el *GEO-4*. Además, los escenarios de la OCDE no aportan datos sobre la demanda de productos de este sector. En el apartado 6.3 del presente informe, donde se aborda la cobertura de suelo, se indican algunos de los cambios en la producción agropecuaria que se proyectan en los escenarios de la OCDE.

GRÁFICA 15: PRODUCCIÓN Y DEMANDA TOTALES DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS, AMÉRICA DEL NORTE



GRÁFICA 16: DEMANDA TOTAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS Y DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS, PER CÁPITA, POR PAÍS



can que la producción agropecuaria total aumentará entre 60 y 75 por ciento en la región, con aumentos porcentuales incluso mayores en México, donde la producción se duplicará con creces. Por otro lado, también se proyecta un aumento de la demanda total de productos agropecuarios en América del Norte, en este caso de entre 45 y 55 por ciento. De nuevo, los mayores incrementos se esperan en México. La diferencia en el crecimiento de la producción y la demanda se traducirá en un aumento en las exportaciones netas de la región.

Al comparar los distintos escenarios, “primero la seguridad” (PSe) del *GEO-4* indica un crecimiento más lento tanto en la producción como en la demanda. Esto también se refleja en la disponibilidad de alimentos per cápita, que aumenta menos de diez por ciento en este escenario frente a un incremento de entre 15 y 20 por ciento en los demás, con las diferencias más notorias para México. En PSe *GEO-4*, en realidad se proyecta una mayor divergencia en la disponibilidad de alimentos per cápita entre México, por un lado, y Canadá y Estados Unidos, por el otro. Cabe señalar, empero, que la convergencia es mínima en los otros escenarios.

5.2.4 PRODUCTOS FORESTALES

Como se hizo con la actividad agropecuaria, este subapartado se centra en la producción y demanda de productos forestales. Más adelante se abordan las implicaciones en lo que respecta a la cobertura forestal.

En comparación con la actividad agropecuaria, hay menos información disponible sobre la producción forestal en los estudios analizados. Sin embargo, en el *GEO-4* se presentan proyecciones para la producción de ciertos productos madereros.¹⁵ Esos datos se

muestran en la gráfica 17 y el cuadro A2.13. Para toda América del Norte se proyecta entre 2000 y 2030 un crecimiento significativo en la producción maderera: de 65 a 85 por ciento aproximadamente, dependiendo del escenario. Las mayores tasas de aumento corresponden a Canadá en todos los escenarios, salvo en “primero la seguridad” (PSe) del *GEO-4*, donde la tasa es muy similar a la de Estados Unidos. Por otro lado, para México se proyecta una reducción de 5 a 10 por ciento en todos los escenarios, como consecuencia de un mayor énfasis en la producción agropecuaria.

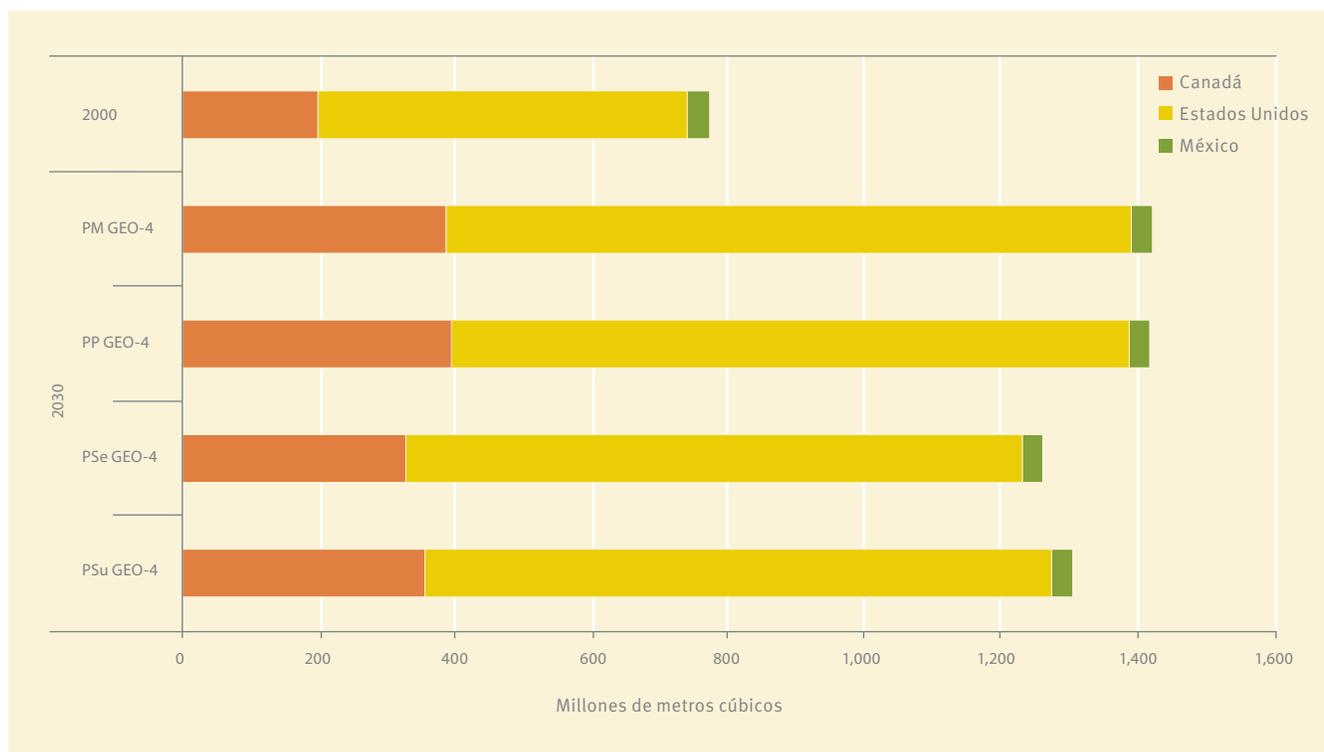
Un problema de particular interés para México es la tala ilegal. La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) cita cálculos que aluden a entre cinco y siete millones de metros cúbicos de madera en rollo talada de manera ilegal, en contraste con la producción total de madera en rollo de 45.5 millones de metros cúbicos en 2003 (ITTO, 2006, p. 256). En el *GEO-4* no se indica en qué medida sus proyecciones consideran la tala ilegal.

5.2.5 PRODUCTOS DE PESQUERÍAS MARINAS

La tendencia a un mayor consumo también se refleja en la demanda de productos de las pesquerías marinas. La gráfica 18 es un mapa de las regiones marinas según la FAO. Cinco de ellas —FAO 18: océano Ártico, FAO 21: Atlántico noroeste, FAO 31: Atlántico centro-oeste, FAO 67: Pacífico noreste y FAO 77: Pacífico centro-este— colindan con América del Norte.

En la gráfica 19 y el cuadro A2.14 se presentan proyecciones de los desembarques pesqueros¹⁶ para cada una de estas regiones marinas de la FAO, con excepción del océano Ártico.¹⁷ Si se considera el total de desembarques de las cuatro regiones en su conjunto (véase

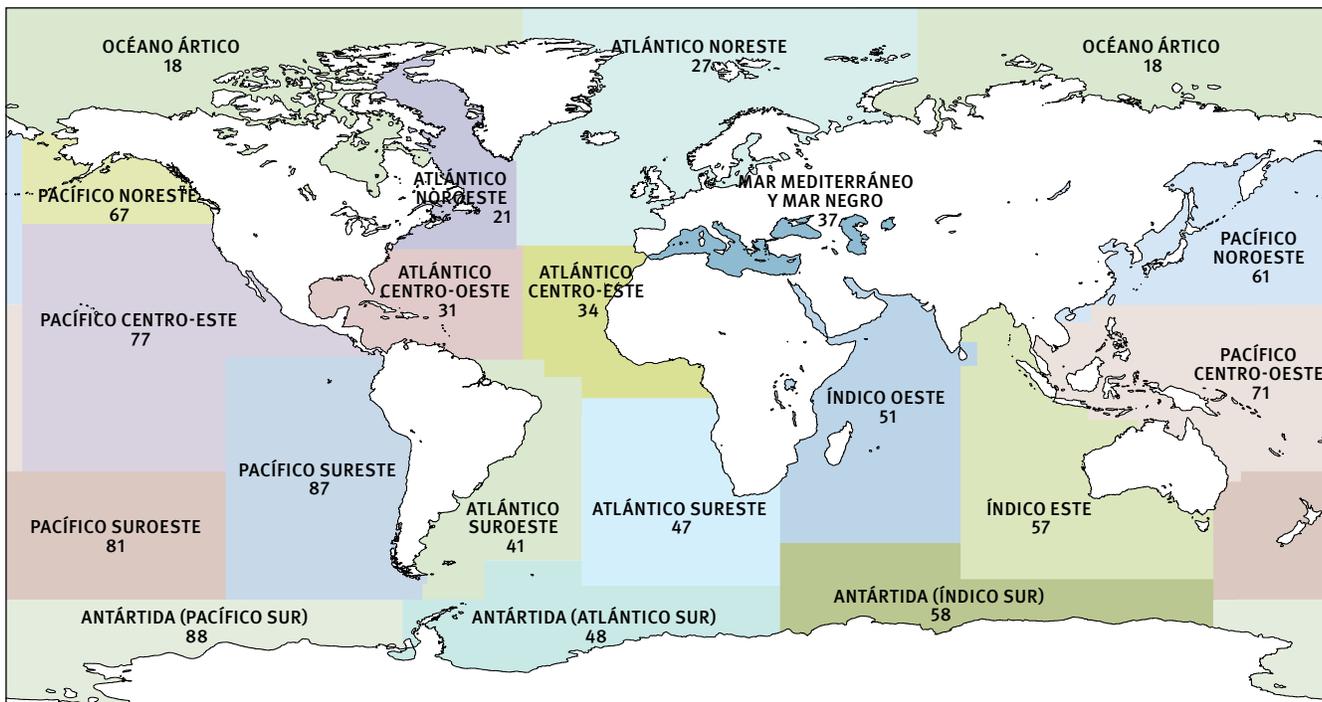
GRÁFICA 17: PRODUCCIÓN DE CIERTOS PRODUCTOS MADEREROS, POR PAÍS



¹⁵ Los productos específicos son leña, carbón, pulpa de madera, partículas, madera para aserrar y chapa, entre otros. En el *GEO-4* no se hicieron proyecciones regionales de la demanda de productos forestales, mientras que en la *Prospección medioambiental* de la OCDE no se hicieron proyecciones de producción o demanda de productos forestales.

¹⁶ En los desembarques se incluye la captura de todo tipo de organismos marinos, no sólo peces. Véase Alder, Guénette *et al.* (2007) para mayores detalles.

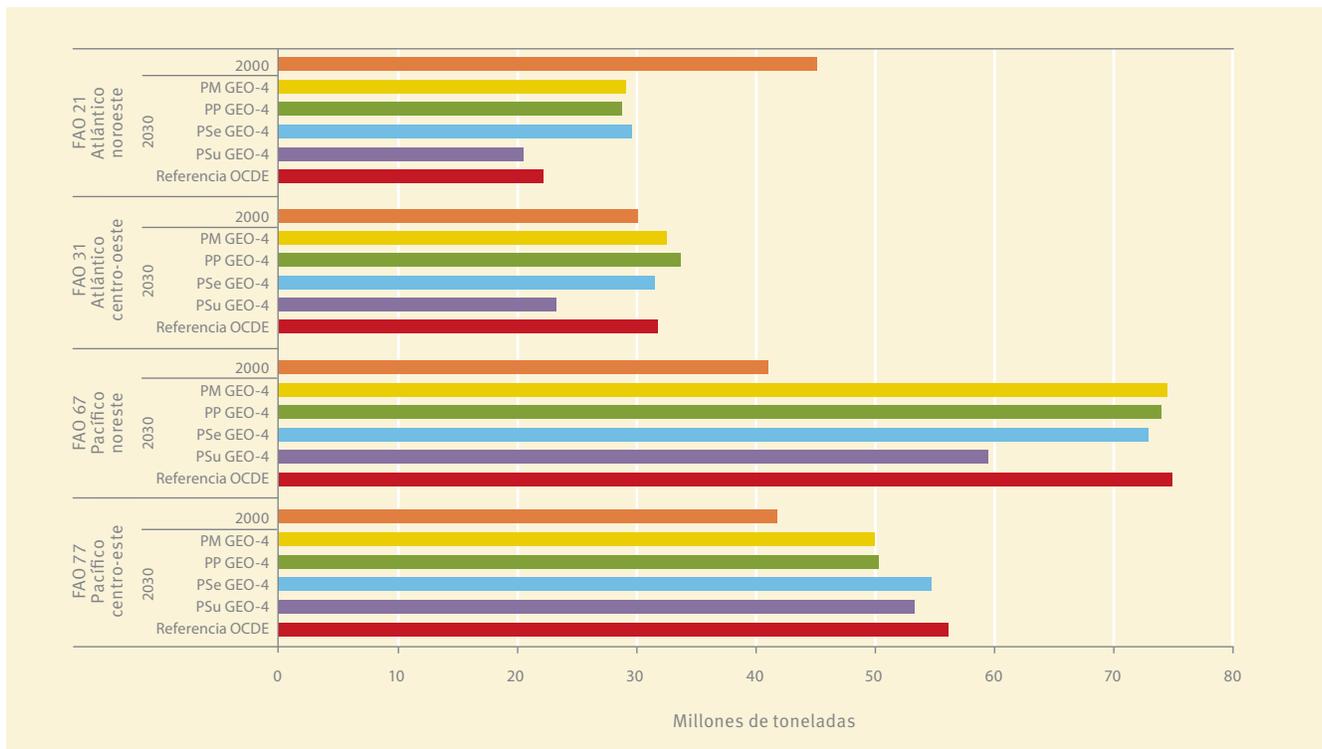
GRÁFICA 18: MAPA MUNDIAL DE LAS REGIONES MARINAS DE LA FAO



el cuadro A 2.14), en todos los escenarios se proyecta un aumento global de entre 15 y 25 por ciento en el periodo de 2000 a 2030. La única excepción es “primero la sustentabilidad” (PSu) del GEO-4, en el que el total de desembarques casi no cambia, como consecuencia lo mismo de un menor crecimiento demográfico que de una intensa

labor para restaurar los ecosistemas marinos en este escenario. El aumento más notorio se proyecta para el Pacífico noreste. Por otra parte, se pronostica una reducción de hasta 55 por ciento en los desembarques del Atlántico noroeste, lo que representa la continuidad del declive pesquero registrado en la región en años recientes.

GRÁFICA 19: DESEMBARQUES PESQUEROS POR REGIÓN MARINA, AMÉRICA DEL NORTE



¹⁷ Por falta de datos, en este momento no es posible elaborar un modelo confiable de la actividad y el agotamiento pesqueros en el Ártico (comunicación personal de Jackie Alder).

5.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y DESCARGAS EN EL MEDIO AMBIENTE

ASPECTOS PRINCIPALES:

- Dependiendo de las hipótesis aplicadas en cada escenario en materia de políticas, las proyecciones de futuras emisiones de gases de efecto invernadero varían mucho: desde un aumento de 40 por ciento hasta una disminución de 25 por ciento.
- Se espera una reducción de las emisiones de importantes contaminantes atmosféricos, pero estas proyecciones también son muy sensibles a los supuestos en materia de políticas.
- Se espera un aumento de los volúmenes absolutos de descargas de agua no tratada.
- Se espera que las descargas y flujo de nitrógeno —importante fuente de contaminación del agua— aumenten en Canadá, se reduzcan en Estados Unidos y se mantengan constantes en México.

5.3.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

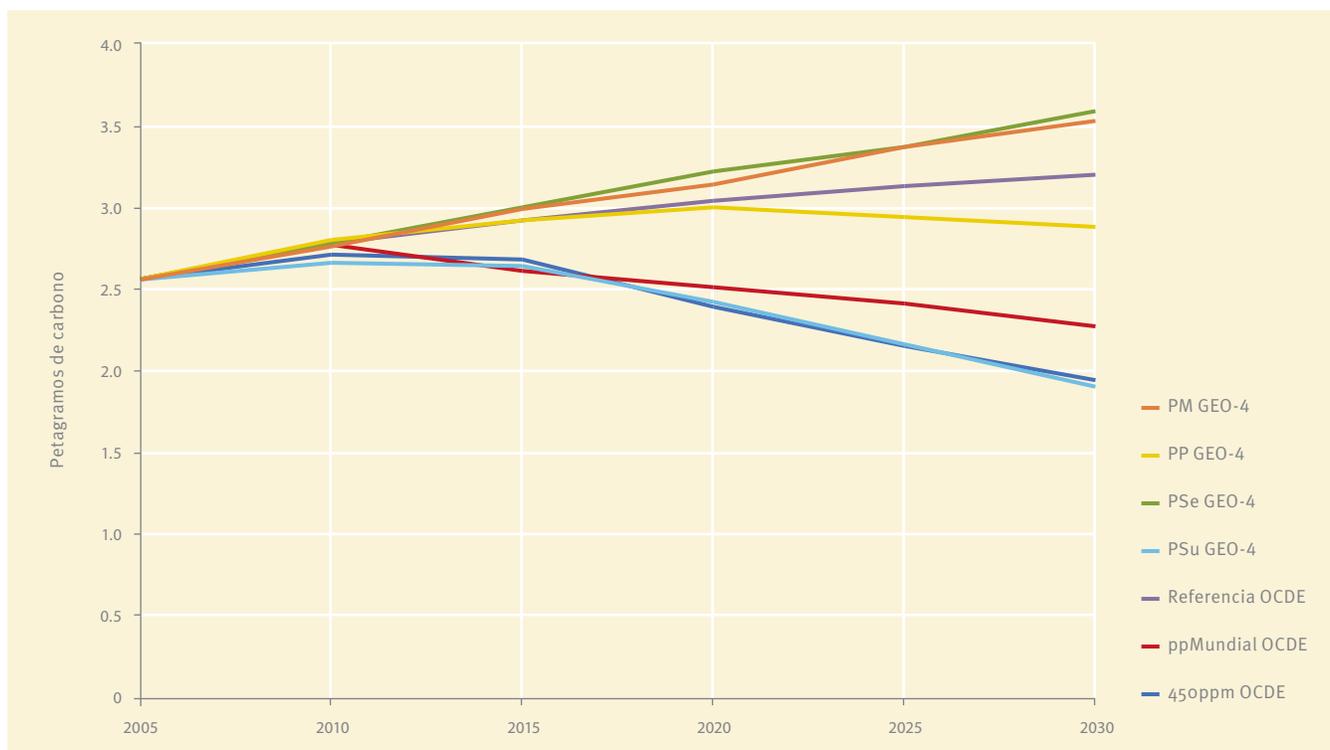
En las gráficas 20 y 21 y el cuadro A2.15 se resumen las proyecciones en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los escenarios del *GEO-4* y la OCDE, que incluyen todos los gases considerados en el Protocolo de Kioto. Actualmente, las emisiones per cápita en Canadá y Estados Unidos figuran entre las más altas del mundo. En 2005, América del Norte en conjunto generó alrededor de 20 por ciento de las emisiones mundiales totales de GEI. El uso de energía fue la fuente predominante en los tres países, aunque en México casi 40 por ciento de las emisiones provino del uso del suelo.¹⁸

Los futuros niveles de emisiones de GEI dependerán de varios factores, de los cuales el más importante sea tal vez el uso de energía. Así pues, no es de sorprender que los escenarios muestren una amplia gama de posibilidades, que reflejan lo que se vio en el apartado dedicado a consumo energético. En el periodo de 2005 a 2030 se proyecta un aumento de las emisiones de GEI en América del Norte de hasta 40 por ciento en los escenarios “primero los mercados” (PM) y “primero la seguridad” (PSe) del *GEO-4*, y una reducción de hasta 25 por ciento en los escenarios “primero la sustentabilidad” (PSu) del *GEO-4* y 450ppm de la OCDE. La disminución en los últimos dos escenarios puede parecer radical, pero concuerda con lo que se viene diciendo en la esfera política de Canadá y Estados Unidos, e incluso no es tan pronunciada.

Canadá y Estados Unidos seguirán superando con creces a México en lo que respecta a emisiones de GEI per cápita. Se proyecta un aumento de los niveles de emisiones per cápita de los tres países en los escenarios PM *GEO-4*, PSe *GEO-4* y de referencia de la OCDE, en gran medida no regulados, pero también en el escenario “primero las políticas” (PP) del *GEO-4*. En ninguno de estos escenarios se indica una convergencia real entre las emisiones per cápita de Canadá y Estados Unidos y las de México. En los otros escenarios se proyecta cierta convergencia porque los niveles disminuyen mucho más en Canadá y Estados Unidos que en México.

Se prevé que el consumo de energía continúe siendo la fuente predominante de emisiones de GEI, con un porcentaje considerablemente al alza en México. Esto coincide con una menor participación de las emisiones derivadas del uso del suelo, aunque ello no representa necesariamente su disminución absoluta. Se espera que lo contrario ocurra en Canadá, pues en este país habrá algunos aumentos importantes en las emisiones atribuibles al uso del suelo.

GRÁFICA 20: TOTAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, AMÉRICA DEL NORTE



¹⁸Esto evidencia sobre todo las conversiones del uso del suelo y las emisiones no relacionadas con la energía procedentes de la agricultura.

5.3.2 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE CRITERIO¹⁹

Varios contaminantes atmosféricos son de particular preocupación para la salud humana y el medio ambiente, entre otros, los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x) y las partículas suspendidas (PS). En las gráficas 22 y 23, así como en los cuadros A2.16 y A2.17, se presentan las proyecciones para emisiones de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre procedentes del uso de energía y los procesos industriales. Como ocurre con los gases de efecto invernadero, hay diferencias notorias entre escenarios como consecuencia de la sensibilidad de las emisiones a las decisiones en materia de políticas. Los expertos esperan que las emisiones de SO_x disminuyan en toda América del Norte para el periodo de 2005 a 2030, pero podría ser una reducción de tan sólo 12 por ciento o de hasta 85 por ciento. Se espera que las emisiones de NO_x se reduzcan en la mayoría de los escenarios hasta 75 por ciento en el mismo periodo. Sin embargo, en el escenario “primero la seguridad” (PSe) del GEO-4 se proyecta que aumenten 16 por ciento.

En este momento, Canadá y Estados Unidos tienen emisiones per cápita considerablemente mayores que las de México. Excepto en el escenario PSe GEO-4, en todos los demás escenarios se espera un alto grado de convergencia para las emisiones de NO_x, porque éstas disminuyen en Canadá y Estados Unidos y aumentan o se reducen de manera menos marcada en México. Esto es aún más notorio en el caso de las emisiones de SO_x, pues en realidad los escenarios del GEO-4 proyectan que las emisiones per cápita de México superen las de Canadá y Estados Unidos para 2030.

5.3.3 DESCARGAS Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA

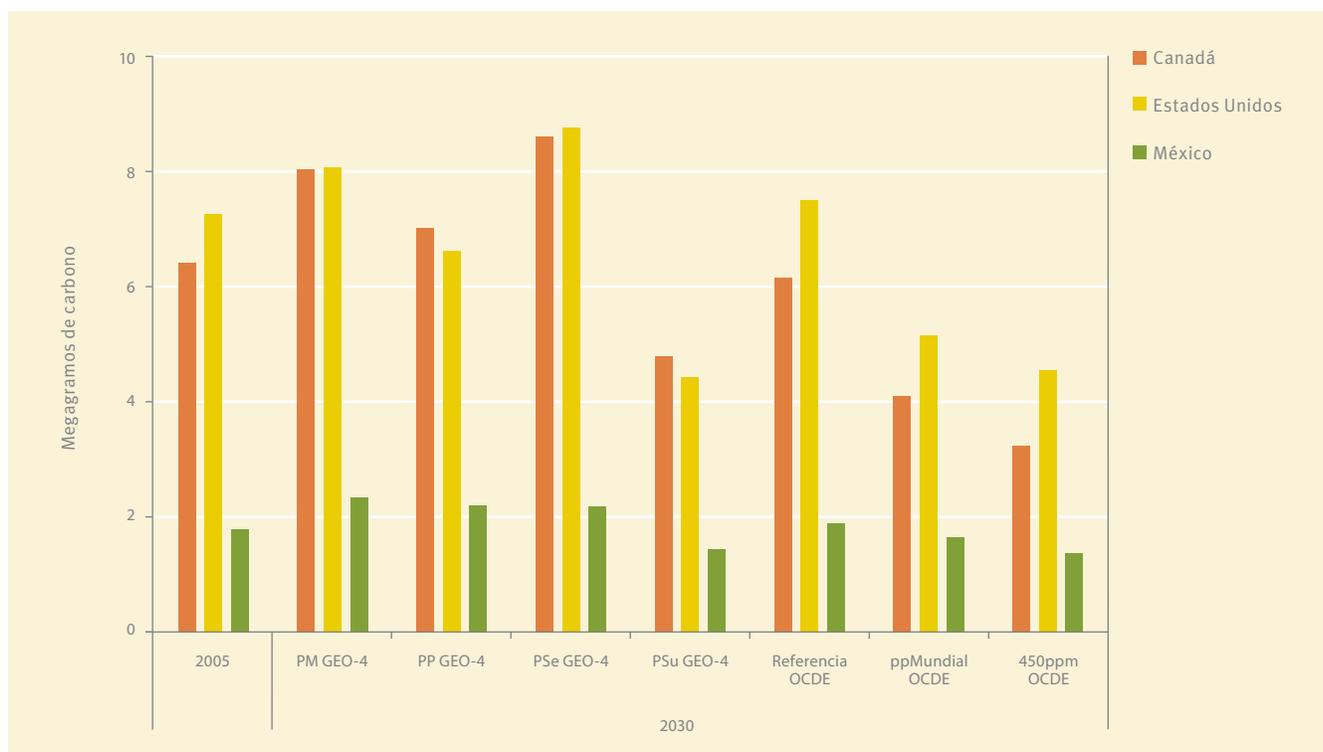
A la fecha se ha trabajado muy poco, si acaso, en formular proyecciones a futuro sobre la contaminación del agua. Con todo, en el GEO-4

se presentan datos sobre las descargas totales de agua, tanto tratada como no tratada. Por su parte, la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE incluye cálculos del flujo de nitrógeno proveniente de aguas residuales y fuentes difusas —sobre todo la actividad agropecuaria— que, transportado por vías fluviales, llega a aguas costeras.

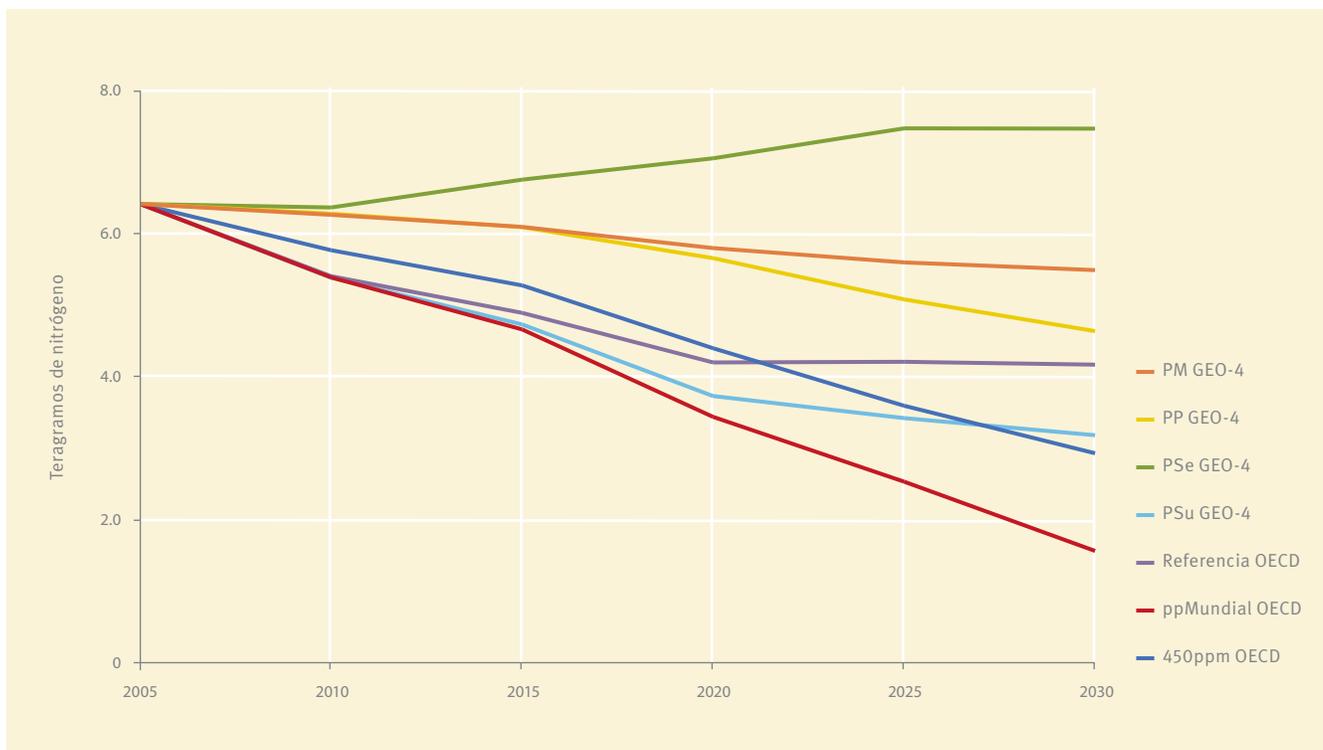
En la gráfica 24 y el cuadro A2.18 se presentan las proyecciones del GEO-4 para las descargas de aguas tratadas y no tratadas provenientes de los sectores residencial y manufacturero. Al año 2000, la mayor parte de las descargas del sector residencial eran tratadas en Canadá y Estados Unidos, no así en México, donde menos de 30 por ciento recibía tratamiento. En Estados Unidos también se trataba más de 70 por ciento de las descargas del sector manufacturero, pero en Canadá y México este porcentaje era mucho menor: alrededor de 40 y 15 por ciento, respectivamente. Hacia 2030, se proyecta que el porcentaje de las descargas correspondiente a aguas tratadas siga siendo más o menos el mismo o aumente en cada sector, dependiendo del escenario. No obstante, puesto que los flujos de retorno del agua aumentan a la par que las extracciones totales, se proyectan aumentos en el volumen total de descargas no tratadas de 25 a 60 por ciento, de 11 a 65 por ciento y de 31 a 168 por ciento en Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente. Estas grandes variaciones ilustran hasta qué grado las políticas podrían ejercer una influencia significativa.

En la gráfica 25 y el cuadro A2.19 se muestran datos sobre las descargas y el flujo de nitrógeno en ríos, según las proyecciones de los escenarios de referencia y ppMundial de la OCDE (no se hicieron cálculos para el escenario 450ppm). En 2000, las descargas de nitrógeno totalizaron más de 2,500 toneladas, con la agricultura como fuente predominante en Canadá y Estados Unidos, en tanto que en México, fuentes agrícolas y aguas residuales registraron la

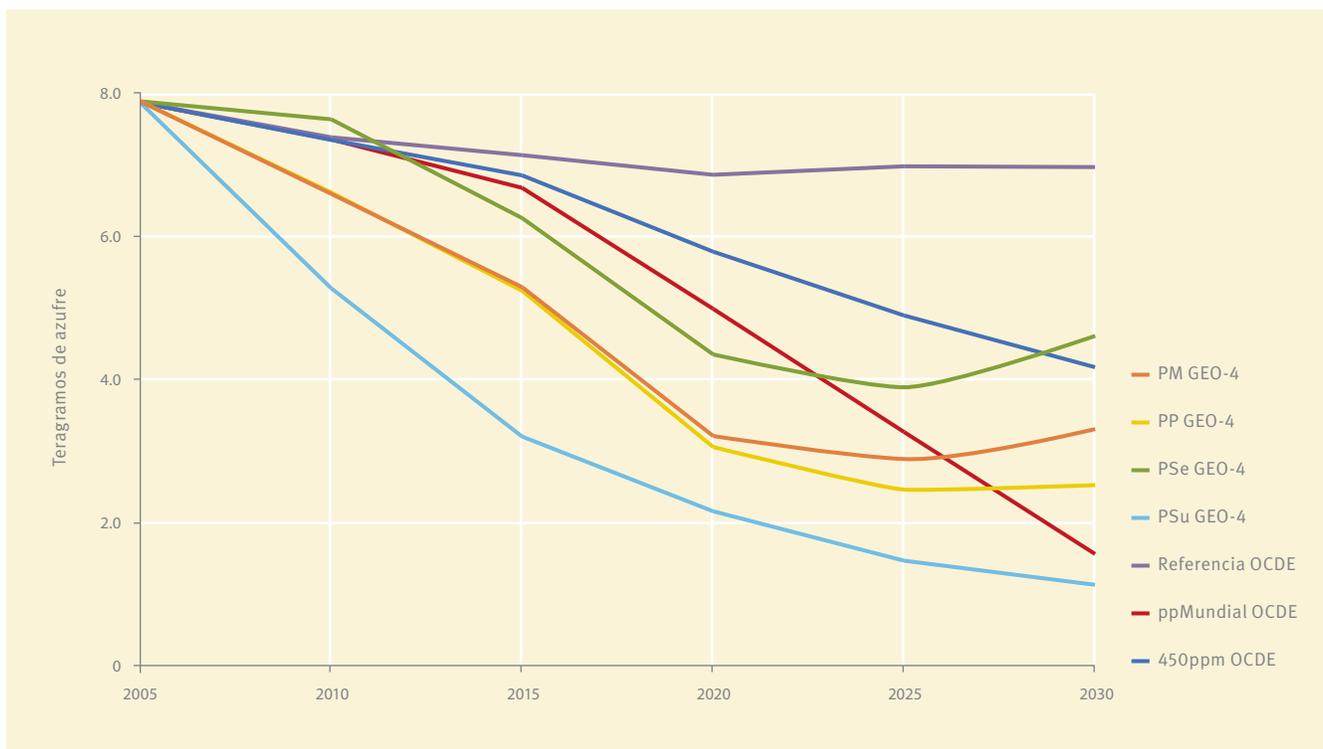
GRÁFICA 21: EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PER CÁPITA, POR PAÍS



GRÁFICA 22: EMISIONES DE NO_x DERIVADAS DEL USO DE ENERGÍA Y LOS PROCESOS INDUSTRIALES, AMÉRICA DEL NORTE



GRÁFICA 23: EMISIONES DE SO_x PROCEDENTES DEL USO DE ENERGÍA Y LOS PROCESOS INDUSTRIALES, AMÉRICA DEL NORTE

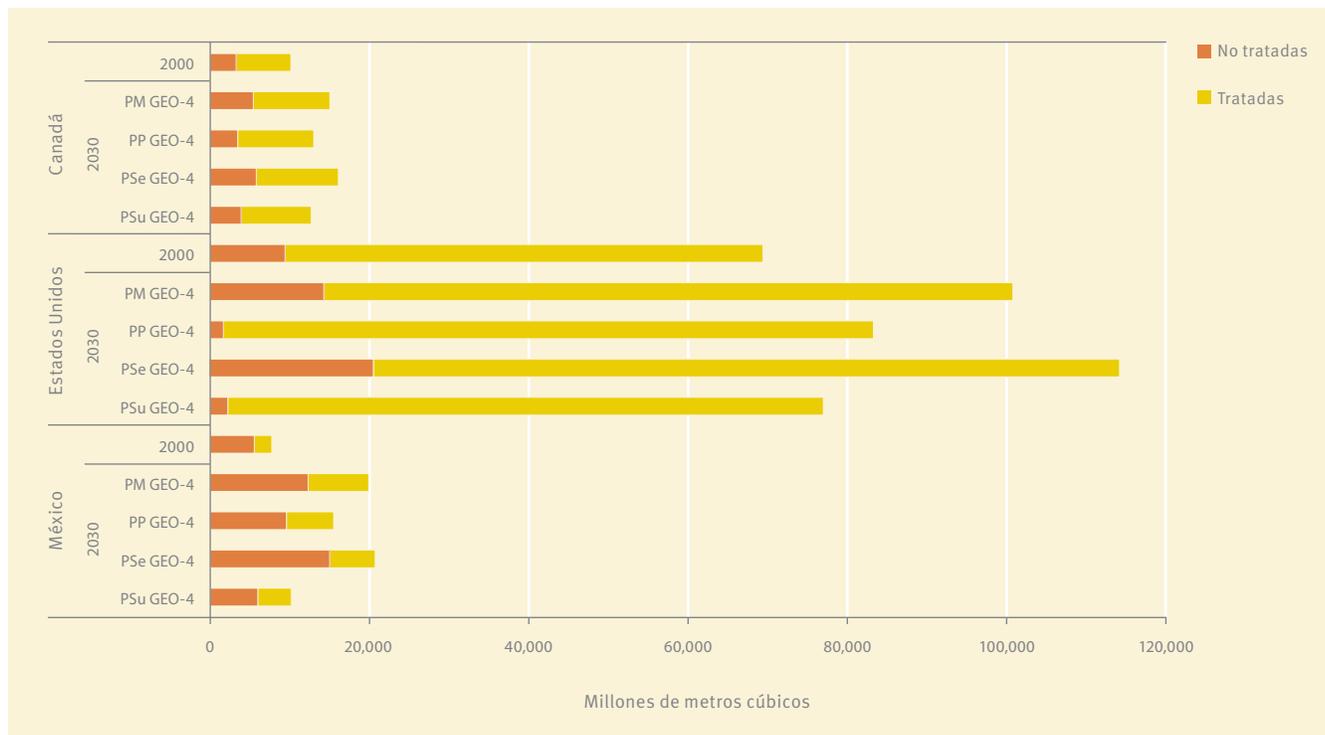


¹⁹Como se señaló antes en términos más generales, hay diferencias entre los datos del modelo IMAGE y los datos tomados de los conjuntos de datos nacionales.

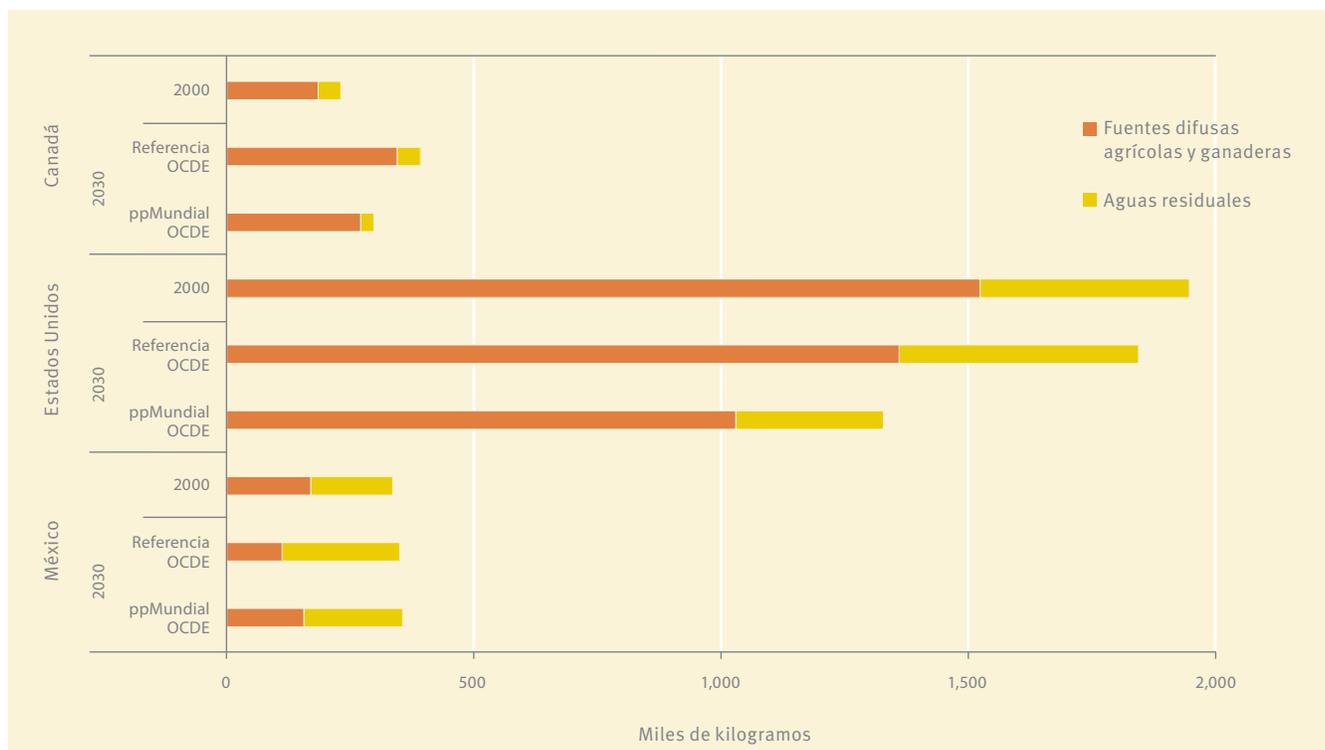
misma magnitud. Para toda América del Norte se espera que, hacia 2030, el flujo de nitrógeno aumente sólo ligeramente en el escenario de referencia de la OCDE y disminuya más de 20 por ciento en el escenario ppMundial. Esto se debe sobre todo a los cambios en Estados Unidos, pues, de hecho, en Canadá se esperan incrementos de 70 y 30

por ciento en los escenarios de referencia y ppMundial de la OCDE, respectivamente, casi en su totalidad a causa de aumentos derivados de la agricultura, mientras que en México, las disminuciones en el sector agrícola casi se equilibran con los aumentos del flujo proveniente de aguas residuales.

GRÁFICA 24: DESCARGAS DE AGUAS TRATADAS Y NO TRATADAS, POR PAÍS



GRÁFICA 25: DESCARGAS Y FLUJO DE NITRÓGENO EN RÍOS, POR PAÍS



6



CAPÍTULO 6

Estado: cambios en las condiciones ambientales

6.1 INTRODUCCIÓN

En 1990, Turner *et al.* (1990) publicaron el libro *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years* [“La Tierra transformada por la acción humana: cambios globales y regionales en la biosfera en los últimos 300 años”]. El presente informe se propone en este capítulo un objetivo de alcance más limitado: identificar de qué manera se espera que las metafuerzas, las fuerzas motrices y las presiones hasta aquí descritas —así como otras que se han manifestado desde tiempo atrás—, transformarán el medio ambiente de América del Norte en las próximas décadas. Asimismo, se examina lo que al respecto concluyen la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE, el informe *GEO-4* y otros estudios recientes. En vista de su importancia para otros aspectos del cambio ambiental, y dada la atención que ha recibido recientemente por parte de la comunidad científica, se inicia con el clima para, a continuación, abordar las proyecciones referentes a cobertura de suelo, calidad del aire, cantidad y calidad del agua, y biodiversidad.

Cabe señalar que a las incertidumbres examinadas en los capítulos anteriores en cuanto a la magnitud de las metafuerzas, las fuerzas motrices y las presiones se suman ahora las incertidumbres en nuestra comprensión cabal del funcionamiento de la naturaleza. Además, en virtud de que la respuesta de los sistemas naturales no siempre es inmediata, varios de los cambios en el estado son inducidos por alteraciones anteriores en las metafuerzas, las fuerzas motrices y las presiones, por lo que su efecto total durante el periodo que abarca hasta 2030 sólo será perceptible después de esa fecha.

6.2 CLIMA

ASPECTOS PRINCIPALES:

- Se proyecta el aumento de las temperaturas promedio en América del Norte; los mayores incrementos ocurrirán en latitudes altas y en el invierno.
- Se esperan alteraciones en el patrón de precipitaciones, aunque su alcance sigue siendo bastante incierto. Lo mismo sucede en el caso de los fenómenos meteorológicos extremos.
- Los glaciares y el hielo marino están perdiendo masa más rápidamente de lo previsto, lo que aumentará las probabilidades de que antes de mediados de este siglo el Ártico se vea desprovisto de hielo durante el verano.
- Se espera que el cambio climático exacerbe otras alteraciones del medio ambiente (por ejemplo, la calidad del aire, la cobertura forestal, la biodiversidad y la disponibilidad de agua).

En el apartado 3.2 se analizó el cambio climático como un aspecto fundamental de las alteraciones globales del medio ambiente. Ahora la atención se centrará en el contexto de América del Norte, con interés especial en las variaciones de la temperatura, las precipitaciones y los fenómenos extremos, así como en sus repercusiones para la cobertura de hielo y nieve. Las consecuencias específicas de estos cambios en otros aspectos del medio ambiente

—como la biodiversidad— y en los sistemas socioeconómicos —por ejemplo, la salud humana— se abordarán en los apartados respectivos. Con todo, este examen encubrirá diferencias importantes en la región.

Temperatura

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) proyecta que en las próximas décadas habrá en Estados Unidos y Canadá —con la posible excepción de la zona costa afuera del Atlántico— un calentamiento de 1 a 3 °C arriba del valor normal registrado durante el periodo de 1980 a 1999 (Field, Mortsch *et al.*, 2007). De acuerdo con estudios realizados en Canadá, los incrementos de temperatura alcanzarán su máximo nivel en el alto Ártico y serán mayores en el centro del país que en las costas este y oeste. Se espera que el mayor calentamiento se registre en los meses de invierno. Por otro lado, según las proyecciones, las temperaturas extremas en el verano (superiores a 30 °C) serán más frecuentes y los días de frío extremo disminuirán considerablemente (Karl, Meehl *et al.*, 2008; Lemmen, Warren *et al.*, 2008).

Aunque, conforme a los modelos climáticos, los cambios en la temperatura serán menos pronunciados en latitudes menores que en las más altas, se siguen proyectando variaciones notorias para México. El IPCC calcula que para 2020 en América Central y México habrá incrementos de 0.4 a 1.1 °C en temporada seca y de 0.5 a 1.1 °C en temporada de lluvia, en comparación con el periodo de 1980 a 1999 (Magrin, Gay García *et al.*, 2007).

Precipitaciones

Se proyecta que para el siglo XXI las precipitaciones en América del Norte sean menos frecuentes, pero más intensas. Este aumento en la intensidad de las tormentas irá acompañado de olas de altura extrema en las costas (CENR, 2008).

Se pronostica un incremento en la precipitación anual total en todo Canadá durante este siglo. Sin embargo, debido al aumento de la evapotranspiración, como resultado de temperaturas más altas, muchas regiones experimentarán un déficit de humedad pese a la mayor cantidad de precipitaciones. Las variaciones estacionales en las precipitaciones tendrán, en general, mayores efectos a escala regional que en los totales anuales. Por otro lado, se espera que en el verano disminuyan las precipitaciones en las praderas del centro-sur y el suroeste de Columbia Británica. Esto tendrá como consecuencia que importantes regiones agrícolas reciban menos precipitaciones en las épocas de cultivo (Lemmen, Warren *et al.*, 2008).

El efecto total de los cambios en las metafuerzas, las fuerzas motrices y las presiones durante el periodo que abarca hasta 2030 sólo será perceptible después de esa fecha.

En la mayor parte de los modelos climáticos, para el siglo XXI se vaticina un aumento de las precipitaciones invernales en el norte de Estados Unidos, así como una disminución en algunas partes del suroeste. Según las proyecciones, las precipitaciones de verano se reducirán en el noroeste del territorio continental contiguo estadounidense y aumentarán en Alaska; no se sabe a ciencia cierta si habrá mayores o menores precipitaciones de verano en grandes extensiones del interior de Estados Unidos (CENR, 2008).

En las proyecciones para México persiste una gran incertidumbre. Se prevé una disminución en la media temporal de las precipitaciones con sequías más frecuentes en todas las estaciones. Los pronósticos para la temporada seca hacia 2020 varían desde decrementos de siete por ciento hasta incrementos del mismo porcentaje; el intervalo aplicable a la temporada de lluvia va de una disminución de diez por ciento a un aumento de cuatro por ciento (Magrin, Gay García *et al.*, 2007).

Fenómenos meteorológicos extremos

Las tendencias futuras de los fenómenos meteorológicos extremos siguen siendo muy inciertas. Se proyectan una mayor velocidad de los vientos y más lluvias provocadas por huracanes en respuesta al calentamiento causado por actividades humanas, aunque existe menos certeza en cuanto a los cambios en el número de ciclones tropicales. El incremento aparente en la proporción de tormentas muy intensas en algunas regiones desde 1970 es mucho mayor que el simulado por los modelos actuales para ese periodo, lo que pone de relieve la incertidumbre al respecto. Dada la falta de evidencias suficientes, en este momento no es posible determinar las tendencias en el caso de otros fenómenos meteorológicos extremos que ocurren a escalas espaciales pequeñas, como tornados, gra-

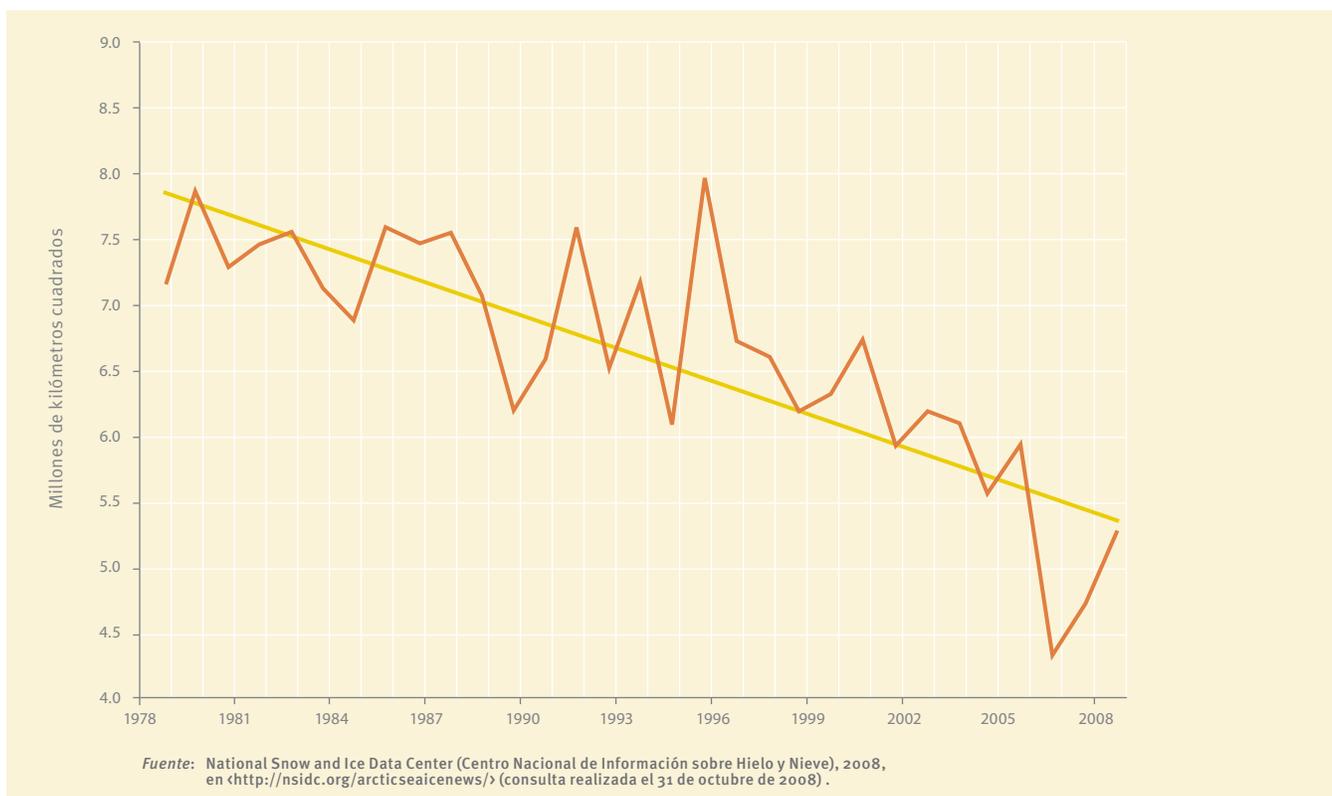
nizadas, tormentas eléctricas y tormentas de arena (Karl, Meehl *et al.*, 2008).

Nieve y hielo

La rapidez con la que el cambio climático reducirá la cobertura de hielo y nieve es una incertidumbre crucial que ha despertado gran atención entre los analistas desde la publicación del *Cuarto informe de evaluación del IPCC*. Varios científicos sostienen que las proyecciones del IPCC fueron indebidamente conservadoras y que los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida occidental son vulnerables incluso a un leve calentamiento adicional, lo que podría propiciar un aumento mucho más rápido del nivel del mar (Hansen, 2008). Se proyecta que la capa de nieve continúe disminuyendo a medida que se caliente el clima. Los glaciares y los mantos de hielo terrestre seguirán perdiendo masa conforme el mayor derretimiento en el verano exceda el aumento de precipitaciones en el invierno, y ello contribuirá a la elevación del nivel del mar. En la mayor parte de las regiones con permafrost se proyecta un aumento generalizado en la profundidad del derretimiento, lo que tendría costosas consecuencias para la infraestructura, tanto nueva como ya construida (CENR, 2008).

De acuerdo con el IPCC, los resultados arrojados por múltiples simulaciones señalan la probabilidad de que el océano Ártico se quede sin hielo durante el verano para finales del siglo; algunos modelos indican que esto podría ocurrir desde 2040. Como se muestra en la gráfica 26, en las últimas décadas se ha observado una tendencia persistente a que disminuya la extensión mínima del hielo marino (registrada en el mes de septiembre). Cabe observar que, desde que el monitoreo por satélite comenzó en 1978, los menores volúmenes de cobertura de hielo corresponden a los registrados en los cinco años más recientes.

GRÁFICA 26: EXTENSIÓN DEL HIELO MARINO DEL ÁRTICO EN SEPTIEMBRE



6.3 COBERTURA Y USO DEL SUELO

ASPECTOS PRINCIPALES:

- Aunque los escenarios varían, América del Norte puede experimentar una pequeña disminución neta de su área forestal total. Esta disminución será más pronunciada en México.
- Los escenarios concernientes a los cambios en el uso del suelo agrícola difieren sustancialmente y son sensibles a las hipótesis sobre políticas gubernamentales.
- Es probable que en los tres países aumente el uso del suelo urbano, aunque no hay muchas investigaciones específicas al respecto a escala subcontinental.

Numerosos factores propiciarán cambios en el uso y la cobertura del suelo. Conforme aumenten tanto la población como la urbanización, la superficie edificada ocupará mayor parte del suelo, al tiempo que las variaciones en la demanda y la producción de bienes agrícolas y forestales ocasionarán cambios en la extensión de las tierras agrícolas y bosques bajo manejo. Las políticas de protección de la biodiversidad podrían lograr que una mayor superficie se dedique a la conservación, mientras que las políticas relacionadas con la producción de bioenergía y el secuestro de carbono afectarán lo mismo tierras agrícolas que bosques. Además, con independencia de las decisiones en materia de políticas, el cambio climático por sí solo tendrá repercusiones a medida que los niveles de rendimiento sufran cambios y las zonas biogeoclimáticas observen desplazamientos. En este apartado se examinará lo que estudios recientes señalan respecto de la extensión de bosques, tierras agrícolas, zonas urbanas y superficies edificadas.

Bosques

Actualmente los bosques cubren 45 por ciento del suelo de América del Norte: 62, 32 y 23 por ciento en Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente. En la gráfica 27 y el cuadro A2.20 se muestran los cambios proyectados en las áreas forestales entre 2000²⁰ y 2030, de acuerdo con los escenarios del GEO-4 y de la OCDE. En los escenarios “primero las políticas” (PP), “primero la seguridad” (PSe) y “primero la sustentabilidad” (PSu) del GEO-4 y de referencia de la OCDE, se pronostica que el subcontinente en su totalidad experimentará una pequeña reducción neta (de hasta 1.25 por ciento) de su área forestal total, dado que la pérdida de bosques maduros excederá la ganancia proveniente de la regeneración en tierras abandonadas o terrenos madereros. Aunque en el escenario de referencia de la OCDE se proyecta una pérdida relativamente menor de bosques maduros, así como una menor regeneración, el efecto final es similar. Los otros escenarios —“primero los mercados” (PM) del GEO-4 y ppMundial y 450ppm de la OCDE— presentan un panorama muy diferente. En estos casos, el equilibrio entre la regeneración y la pérdida de bosques maduros es tal que se genera una pequeña ganancia neta (0.5 a 1.0 por ciento) en la extensión total de bosques. Un efecto esperado del cambio climático es que la franja arbolada septentrional se desplazará más al norte y a mayores alturas (CENR, 2008).

Se prevé que los cambios más significativos ocurrirán en México, ya que se proyecta una pérdida de bosques maduros: desde poco menos de diez por ciento hasta casi 60 por ciento, dependiendo del escenario. Además, se trata del único de los tres países para el que la mayoría de los escenarios pronostican una disminución neta de bosques secundarios. Magrin, Gay García *et al.* (2007) plantean que el cambio climático acelerará la pérdida de la cobertura forestal, de

GRÁFICA 27: CAMBIOS EN EL ÁREA FORESTAL DE 2000 A 2030, POR PAÍS



²⁰Los datos y las categorías sobre cobertura de suelo difieren entre la información suministrada por el modelo IMAGE y los datos nacionales. Por ejemplo, de acuerdo con IMAGE, el área forestal correspondiente a Canadá en 2000 era 165 millones de hectáreas mayor que la extensión de bosques y otros terrenos forestales (402 millones de hectáreas) indicada en los conjuntos de datos canadienses.

manera que en México la mayor parte de la vegetación semiárida del centro y el norte del país se verá reemplazada por vegetación de zonas áridas.

Para Canadá y Estados Unidos se presenta una notoria diferencia entre el escenario de referencia de la OCDE y los otros escenarios. Únicamente en el primero se proyecta una pérdida neta para ambos países. El pronóstico de una pérdida neta en Estados Unidos coincide con los cálculos realizados por el Departamento de Agricultura de ese país, que ha advertido que, por primera vez en un siglo, Estados Unidos comienza a sufrir una reducción de sus suelos forestales debido a que los propietarios están vendiendo sus tierras a promotores inmobiliarios. Además, se calcula que en los próximos 50 años más de 20 millones de hectáreas de bosques no federales se destinarán a usos urbanos y de desarrollo, con una pérdida neta de ocho millones de hectáreas después de tomar en cuenta la conversión de tierras de pastoreo a bosques (Alig *et al.*, 2003).

Tierras agrícolas

La gráfica 28 y el cuadro A2.21 contienen información acerca de la extensión de las tierras agrícolas, que en 2000 abarcaban 7, 55 y 45 por ciento del territorio de Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente. La división entre cultivos de alimentos, por un lado, y pastizales y forrajes, por el otro, difiere de manera apreciable entre los tres países. En Estados Unidos y México se destina a los pastizales y los cultivos forrajeros una extensión considerablemente mayor que en Canadá. Asimismo, se consideró que ese año sólo México dedicó extensiones considerables a cultivos para biocombustibles.

Las proyecciones para 2030 de los escenarios del *GEO-4* y la OCDE arrojan divergencias importantes entre los países. Los escenarios del *GEO-4* y el escenario de referencia de la OCDE calculan un aumento general, de hasta nueve por ciento, del suelo dedicado a

la agricultura. En los escenarios del *GEO-4*, esto se debe fundamentalmente al incremento de las áreas dedicadas a pastizales y forrajes, mientras que en el escenario de referencia de la OCDE la principal fuerza motriz es la expansión de las áreas destinadas al cultivo de alimentos. En los escenarios ppMundial y 450ppm de la OCDE se espera una pequeña pérdida neta de tierras agrícolas (menos de dos por ciento), aun cuando se ocupe una extensión mayor para cultivos destinados a la producción de biocombustibles.

En los escenarios del *GEO-4* se proyecta para México una expansión reducida de las tierras cultivables, pero muy importante en el caso de la superficie dedicada a pastizales y forraje, en buena medida a expensas de los bosques. El cambio en los pastizales y forrajes es mucho menor en los escenarios de la OCDE. Para Estados Unidos, un incremento considerable de los pastizales y forrajes y una contracción de las tierras de cultivo, según lo previsto en los escenarios del *GEO-4*—sobre todo en “primero los mercados” (PM) y a excepción de “primero la seguridad” (PSe)—, permiten suponer una disminución significativa de muchos de los subsidios agrícolas. Esta situación—sumada a los mayores niveles de producción agrícola antes mencionados— implica una intensificación de la agricultura. Los escenarios de la OCDE, sin embargo, muestran una imagen diferente, ya que indican la expansión de las tierras agrícolas y la disminución de la superficie dedicada a pastizales y forraje. Las proyecciones para Canadá también varían según el escenario, aunque—con la excepción de los escenarios “primero los mercados” (PM) y “primero las políticas” (PP) del *GEO-4*—, existe una pauta general de mayores áreas dedicadas tanto al cultivo de alimentos como a pastizales y forraje. En los tres países, la mayor expansión de los biocombustibles se pronostica en los escenarios orientados a una mayor sustentabilidad, es decir, “primero la sustentabilidad” (PSu) del *GEO-4*, y ppMundial y 450ppm de la OCDE.

GRÁFICA 28: CAMBIOS EN EL ÁREA AGRÍCOLA DE 2000 A 2030, POR PAÍS



Además de la extensión de las tierras agrícolas, también es importante considerar la calidad del suelo y sus consecuencias en los niveles de rendimiento. Un parámetro en este sentido es el riesgo de erosión a causa del agua. La gráfica 29 y el cuadro A2.22 nos dan una idea de cómo puede modificarse este riesgo. Actualmente, es en Estados Unidos donde existen más tierras agrícolas en riesgo de erosión, lo que refleja la mayor extensión de la superficie agrícola de ese país en general. La *Prospectiva medioambiental* de la OCDE proyecta en su escenario de referencia incrementos bastante considerables en los tres países para 2030, con aumentos algo menores en sus escenarios de políticas. En el caso de los escenarios del *GEO-4*, sólo en “primero la seguridad” (PSe) se prevén incrementos para Canadá y Estados Unidos, lo cual refleja, en parte, la expansión de las tierras agrícolas en ese escenario. Por cuanto a México, para el que todos los escenarios pronostican una ampliación de la superficie agrícola, también se espera un riesgo significativamente mayor de erosión del suelo. Además, algunos autores, como Magrin, Gay García *et al.* (2007), señalan que el cambio climático puede exacerbar problemas como la salinización y la desertificación del suelo agrícola.

Zonas urbanas y superficies edificadas

Ni el informe *GEO-4* ni la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE ofrecen cálculos explícitos de las variaciones en las zonas urbanas y las superficies edificadas, aunque cabe esperar su crecimiento junto con el de la población en general. De acuerdo con uno de los cálculos, el suelo urbano del territorio continental contiguo de Estados Unidos crecerá de 3.1 a 8.1 por ciento para 2050 (Nowak y Walton, 2005). Esto implica una tasa de expansión que excede el crecimiento de la propia población urbana, lo que indica una reducción adicional de la densidad urbana, así como un mayor número de oportunidades y problemas asociados con el crecimiento de las áreas metropolitanas.

6.4 CALIDAD DEL AIRE

ASPECTO PRINCIPAL:

- Se espera una disminución de las partículas suspendidas, pero un ligero incremento del ozono troposférico en las zonas urbanas.

La contaminación atmosférica de las zonas urbanas ha representado una gran preocupación en el pasado, además de haber sido objeto de importantes reglamentaciones. Los escenarios de la OCDE muestran un panorama mixto de la contaminación atmosférica urbana en América del Norte.²¹ En el caso de las partículas suspendidas,²² proyectan una mejora continua en toda la región. En el escenario de referencia

de la OCDE, se pronostica entre 2000 y 2030 una reducción de casi una cuarta parte en las concentraciones promedio en Estados Unidos, y cerca de la mitad en Canadá y México, aunque los niveles absolutos seguirán siendo más elevados en este último país que en los otros dos (véanse la gráfica 30 y el cuadro A2.23). En el escenario ppMundial de la OCDE, los decrementos son aún mayores, lo que se traduce en una menor exposición de la población urbana a niveles elevados de partículas suspendidas (véanse la gráfica 31 y el cuadro A2.24). Esto se relaciona sobre todo con una disminución de las principales emisiones —por ejemplo, óxidos de azufre— propiciada en gran medida por políticas de regulación más estrictas para combatir la contaminación atmosférica urbana.²³ No obstante, existe cierta preocupación por la posibilidad de que una mayor frecuencia de incendios forestales provocados por el cambio climático afecte negativamente la calidad del aire. Por ejemplo, se espera que los incendios en los bosques boreales de Alaska y Canadá repercutan en la calidad del aire de las regiones este y central de Estados Unidos (Ryan *et al.*, 2008).

En cambio, las perspectivas para el ozono troposférico son algo menos optimistas. El escenario de referencia de la OCDE proyecta un pequeño incremento de las concentraciones promedio en las zonas urbanas de Canadá y Estados Unidos, y casi ningún cambio en México (véanse la gráfica 30 y el cuadro A2.23).²⁴ El resultado final es un ligero aumento del porcentaje de la población urbana expuesta a niveles más elevados de concentraciones de ozono (véanse la gráfica 31 y el cuadro A2.24). Se espera que un clima más cálido contribuya a aumentar los niveles de ozono (Field, Mortsch *et al.*, 2007), pero este factor no se consideró en estos cálculos, lo que indica que probablemente se trate de estimaciones conservadoras.

6.5 CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

ASPECTOS PRINCIPALES:

- Se espera un mayor estrés hídrico en diversas partes de América del Norte.
- El cambio climático también puede afectar negativamente la calidad del agua.

No se encontraron estudios con un enfoque cuantitativo detallado sobre la calidad del agua a futuro en la región; sin embargo, en varias investigaciones se consideran los posibles efectos de diversos factores. La Comisión Conjunta Internacional (CCI, 2006) observó que si no se detienen el desarrollo de la línea costera de los Grandes Lagos y la expansión urbana a su alrededor, habrá una mayor degradación de la calidad del agua (debido al aumento de la escorrentía, la contaminación atmosférica, la contaminación de las aguas freáticas), así como

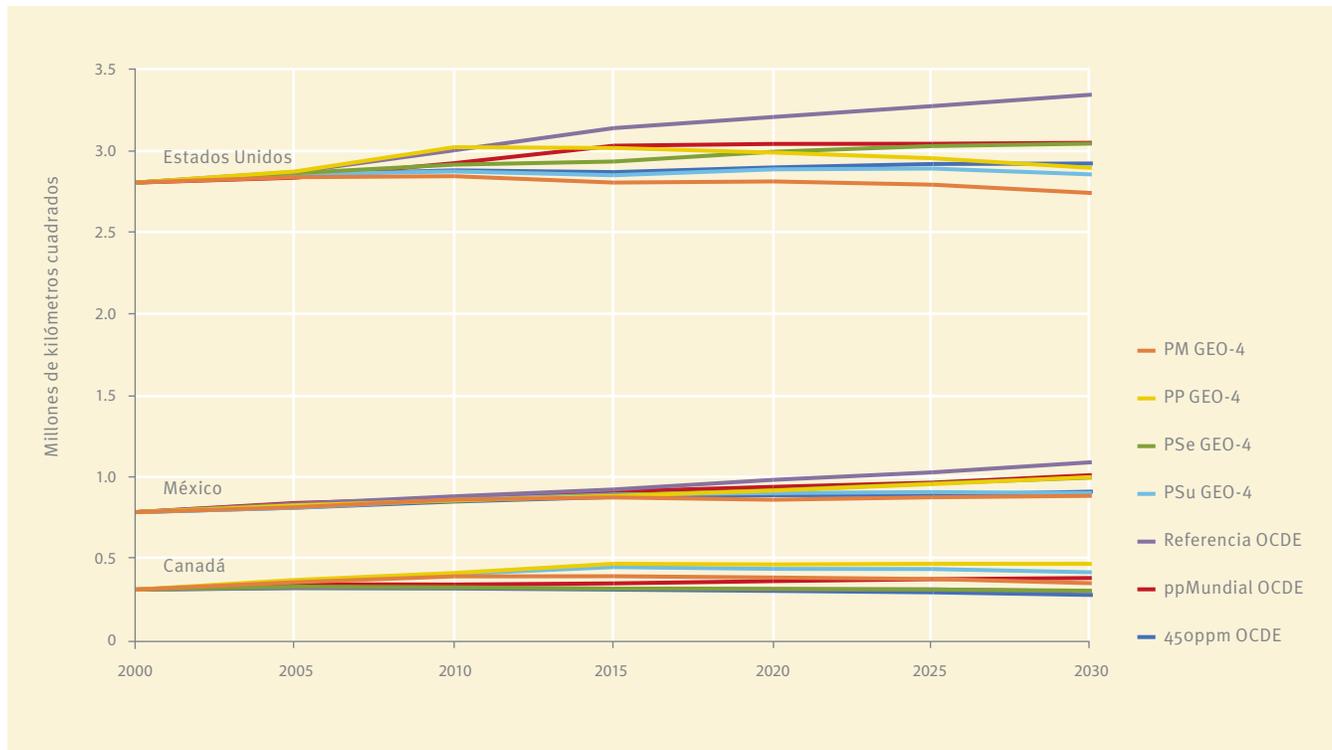
²¹ En el informe *GEO-4* no se incluyeron proyecciones sobre la calidad del aire.

²² Medidas expresadas en microgramos por metro cúbico de PM₁₀, es decir, partículas suspendidas con diámetro inferior a 10 micras.

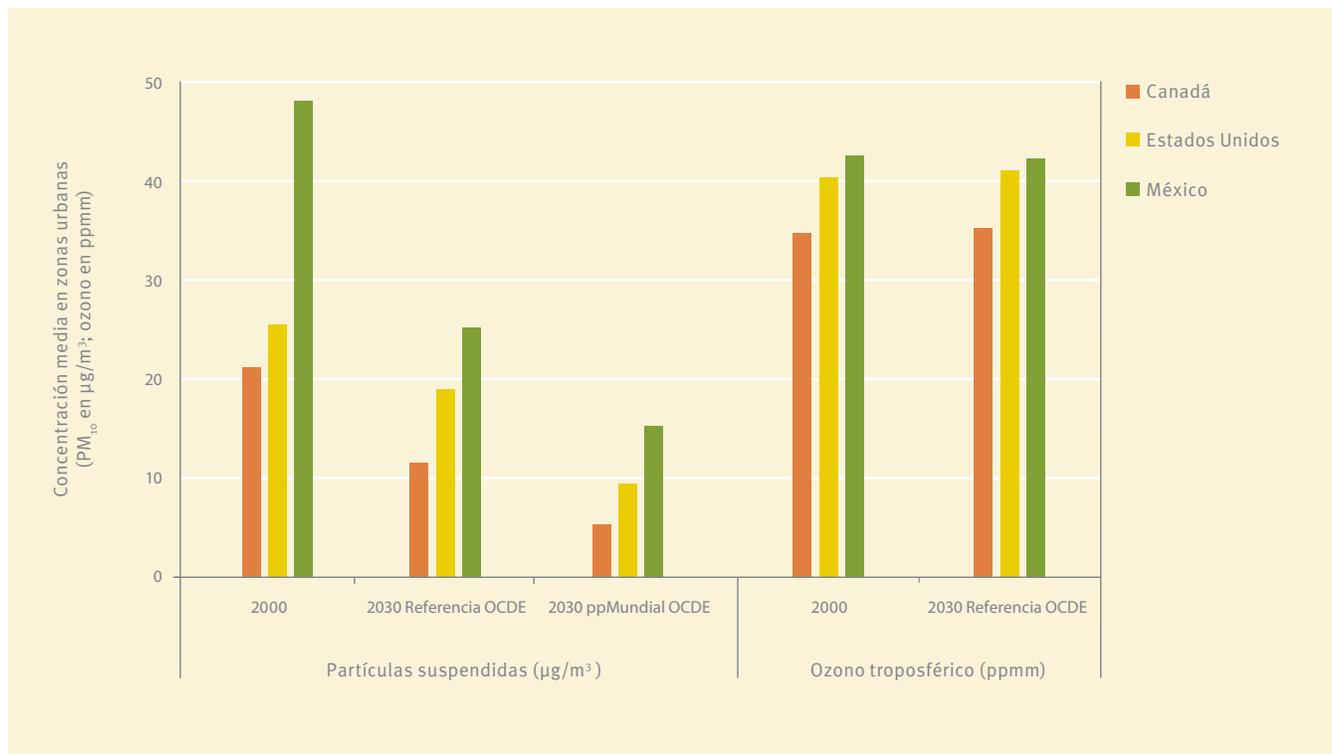
²³ En la *Prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030* se plantean distintos escenarios para evaluar las posibles emisiones futuras de cada país. El escenario de referencia concuerda con la información de la OCDE sobre la legislación vigente a 2008 y supone que se mantendrá la diferencia actual entre las reglamentaciones de los tres países durante el periodo abarcado por el escenario. Como países pertenecientes a la OCDE, Canadá, Estados Unidos y México son tratados de manera similar en los escenarios de políticas, donde en general se eliminan las divergencias en materia de regulación para el año 2030. Véase en el capítulo 8 (pp. 177-195) el análisis de los escenarios de políticas y contaminación atmosférica. En la p. 189 se afirma que “[l]as simulaciones de políticas modelan un desarrollo orientado a la máxima reducción viable de los contaminantes atmosféricos (conforme a lo definido por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados), aunque sin alcanzarla. A fin de mantener políticas realistas, aunque ambiciosas, el modelo presume que los niveles finales de emisiones de cada país seguirán siendo de 3 a 14 por ciento superiores a lo que podría lograrse con la máxima reducción viable”. En la p. 190 los autores señalan: “Se considera que la instrumentación de las opciones para el control de emisiones llevará de 15 a 30 años. Se da por sentado que la instrumentación requerirá por lo menos 15 años; la introducción de mejores controles de emisiones ocurrirá primero en el transporte y las fuentes fijas de gran tamaño, mientras que las fuentes difusas se atenderán una década después”.

²⁴ No se proporcionan resultados correspondientes a los niveles de ozono en el escenario ppMundial de la OCDE.

GRÁFICA 29: ÁREA AGRÍCOLA CON RIESGO ELEVADO DE EROSIÓN DEL SUELO A CAUSA DEL AGUA



GRÁFICA 30: CONCENTRACIÓN MEDIA DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS Y OZONO TROPOSFÉRICO EN ZONAS URBANAS, POR PAÍS



reducciones en los humedales y hábitats de peces y vida silvestre. En diversos estudios se indica que, como resultado del cambio climático, se prevé una escasez de agua más frecuente en muchas partes de América del Norte (como el sur de Ontario, numerosas regiones de Columbia Británica y el suroeste de Estados Unidos) (CENR, 2008; Lemmen, Warren *et al.*, 2008). También se estima muy probable que continúe la tendencia a la reducción de la cobertura de nieve de las montañas y el deshielo precoz en primavera, con la consecuente anticipación de los caudales pico en gran parte de la zona oeste de Estados Unidos (Lettenmaier, Major *et al.*, 2008) y de Canadá (Lemmen, Warren *et al.*, 2008). Cabe esperar que esta tendencia disminuya los flujos de agua durante el verano, con efectos potencialmente adversos en la agricultura. De igual manera se prevé que el incremento en las temperaturas del agua afecte negativamente los ecosistemas acuáticos y la calidad de los recursos hídricos en el territorio continental de Estados Unidos. Las variaciones en los patrones de precipitación son otro de los factores que alteran la calidad del agua: el aumento esperado en los eventos de lluvia intensa tenderá a introducir más sedimentos, nutrientes, agentes patógenos y sustancias tóxicas en los cuerpos de agua. Con todo, la mayoría de los cambios en la calidad del líquido probablemente serán atribuibles a causas distintas del cambio climático como, por ejemplo, las cargas de contaminantes (Lettenmaier, Major *et al.*, 2008).

6.6 BIODIVERSIDAD

ASPECTOS PRINCIPALES:

- América del Norte puede sufrir para 2030 una pérdida adicional de 3 a 6 por ciento en la abundancia promedio de especies terrestres.
- Se espera que las especies marinas de regiones contiguas a las costas de América del Norte disminuyan en proporciones ligeramente mayores que las especies terrestres.
- No se hallaron proyecciones relacionadas con la biodiversidad en aguas dulces.

Los cambios en la biodiversidad suelen ser provocados por numerosos factores. Es por ello que, de muchas formas, la alteración de la biodiversidad actúa como indicador integrado del impacto ambiental. Además, dada su importancia en el suministro de bienes y servicios ambientales, puede considerarse también como un indicador de las posibles repercusiones de la degradación ambiental en la sociedad humana. Vadgama, Nitze *et al.* (2008, pp. 58-59) señalan, sin embargo, que:

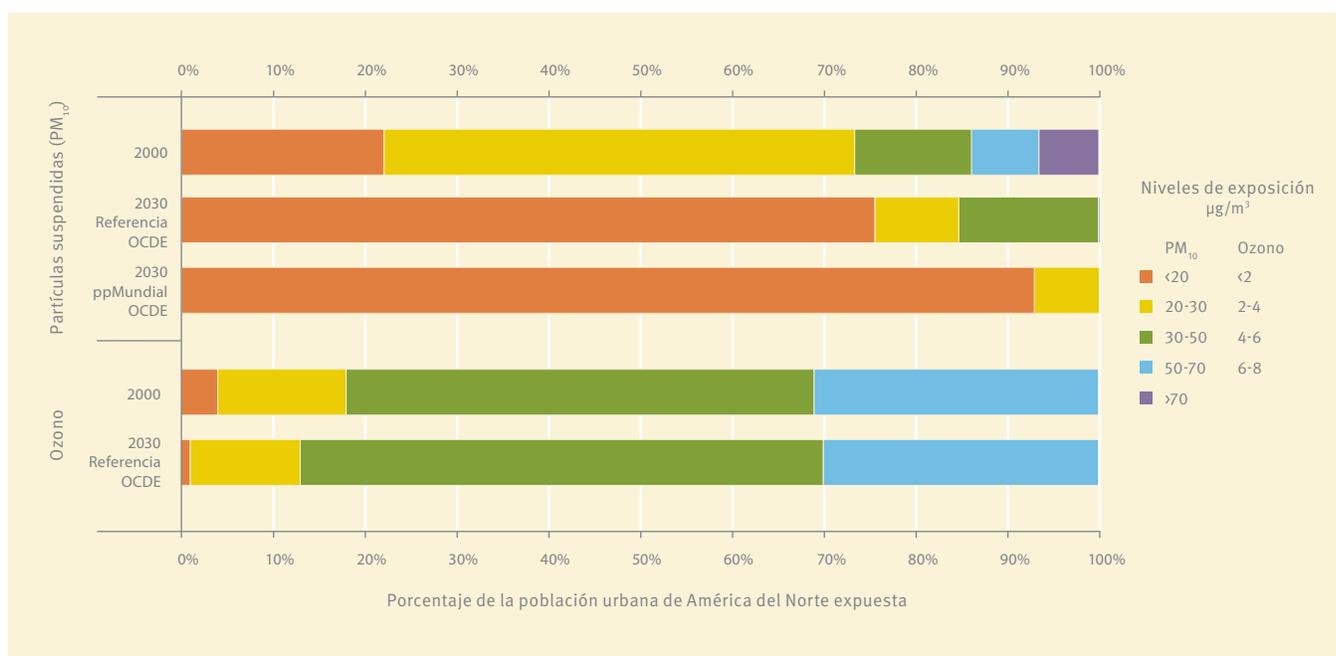
debido a la insuficiencia de datos de referencia sobre la dinámica de los ecosistemas y la biodiversidad en América del Norte, en particular, es necesario ser cautelosos al proyectar el grado de cambio atribuido a fuerzas motrices específicas y la condición futura resultante. No obstante, es posible identificar la trayectoria de las fuerzas motrices que apuntan a escenarios probables por lo que toca a la biodiversidad a escala de los ecosistemas.

En este apartado se presentan los resultados de estudios recientes en los que se ha intentado proceder de esta manera con respecto a la biodiversidad terrestre y marina. No se hallaron proyectos relacionados con la biodiversidad en aguas dulces.

Biodiversidad terrestre

De acuerdo con Vadgama, Nitze *et al.* (2008), entre los principales factores que originan modificaciones en la biodiversidad terrestre figuran: alteraciones en el uso del suelo y fragmentación de los hábitats; cambios climáticos; introducción de especies invasoras, y deposición de nitrógeno. A su vez, estos factores son inducidos por fuerzas motrices subyacentes, como el crecimiento demográfico y la actividad económica. En lo que se refiere al cambio climático, el calentamiento continuará desplazando las áreas de distribución de las especies hacia el norte y a mayores altitudes, lo que representa un problema particular para aquellas especies que necesitan un hábi-

GRÁFICA 31: EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA DE AMÉRICA DEL NORTE A PARTÍCULAS SUSPENDIDAS Y OZONO TROPOSFÉRICO



ta más elevado y tal vez no tienen posibilidades de migrar (CENR, 2008). El desplazamiento de las especies alterará la estructura, la función y los servicios ambientales. En las regiones muy perturbadas colonizadas por vegetación invasiva aumentará la alternancia de ecosistemas (CCA, 2008).

Vadgama, Nitze *et al.* (2008, p. 69) agregan que, en general:

[a]lgunas especies —aquellas que requieren una dieta o un hábitat especial o con áreas de distribución menores— serán las menos aptas para adaptarse a las condiciones cambiantes[...] Por el contrario, es probable que otros grupos de organismos como microbios, insectos y plantas invasoras prolíficos aprovechen los cambios y se vuelvan amenazas graves para la biodiversidad autóctona, los sistemas agrícolas e incluso la salud humana.

Según estos mismos autores (p. 84), en 2025 “los ecosistemas de América del Norte se compondrán de tenaces especies autóctonas y ávidas especies forasteras”.

Por su parte, Sala *et al.* (2000) realizaron uno de los primeros trabajos de proyección sistémica de las alteraciones en la biodiversidad terrestre. Más recientemente, un consorcio de institutos de investigación planteó el concepto de la *abundancia promedio de especies* (APE), cuyo propósito es identificar el grado en el que, a escala macrobiótica, la biodiversidad se mantiene sin cambio. Así, un valor de cien por ciento para la APE significa que la biodiversidad es similar a la del estado natural o en gran parte no afectado. La APE se calcula con base en las consecuencias estimadas de las diversas actividades humanas en los biomas; por lo tanto, una reducción de la APE es más un indicador del aumento de las presiones que un conteo exacto de la pérdida de especies (OCDE, 2008).

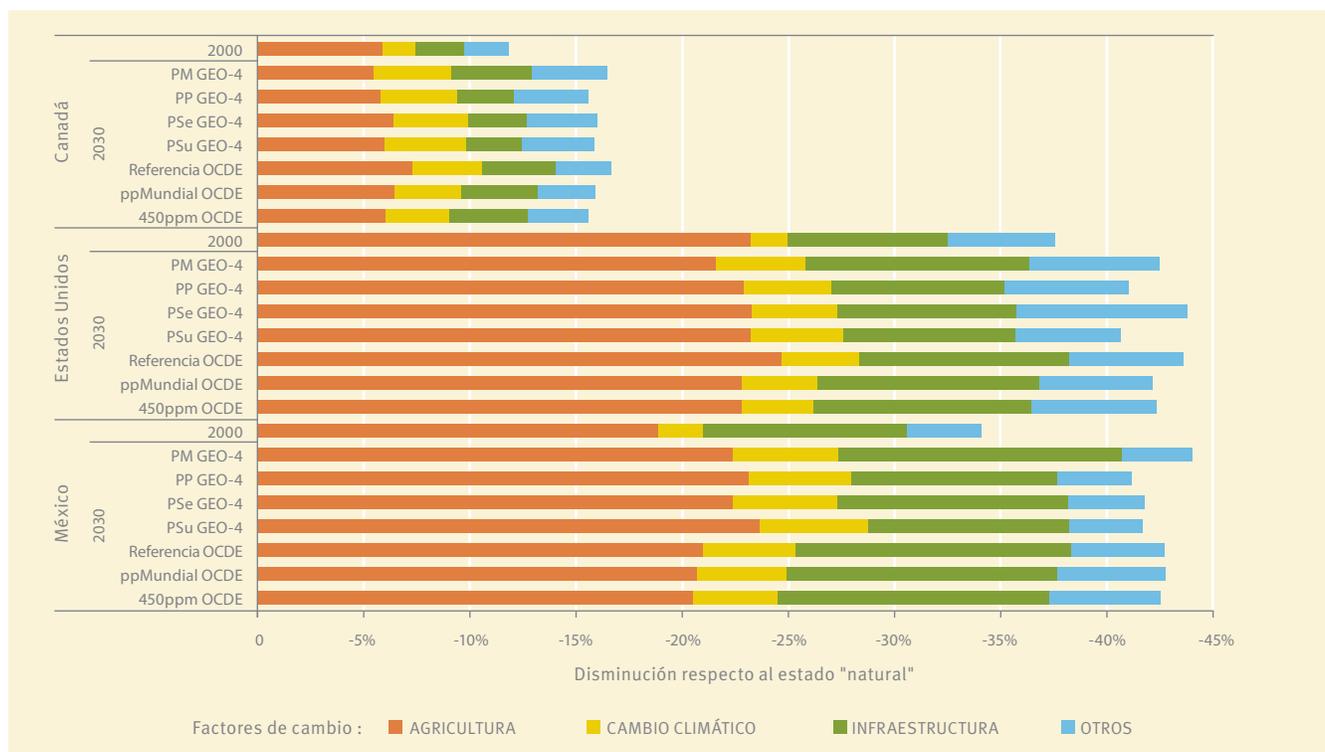
La región de América del Norte en su conjunto ha experimentado ya una reducción importante de su biodiversidad terrestre, calculada en alrededor de 25 por ciento en el 2000, utilizando como medida la abundancia promedio de especies (véanse la gráfica 32 y el cuadro A2.25). La conversión del suelo natural a tierras agrícolas ha sido la causa principal, pero la expansión de la infraestructura humana —por ejemplo, caminos— también ha influido de manera importante. En Canadá, como consecuencia de su enorme territorio y población relativamente pequeña, la disminución ha sido menor.

Hacia 2030 se espera una pérdida adicional de entre 4 y casi 6 por ciento para la región, con pérdidas más pronunciadas posteriormente y sobre todo en México, uno de los países con mayor diversidad biológica de la Tierra. Los principales factores de esta mayor disminución se derivan del cambio climático y la expansión de la infraestructura: urbanización, redes de transporte, construcción relacionada con la explotación de recursos y otros elementos propios de los asentamientos humanos. En México, casi exclusivamente, se presenta cierta pérdida adicional debido a la expansión de la agricultura. Al examinar con mayor atención los resultados, se observa que las repercusiones directas del cambio climático en la biodiversidad serán difíciles de combatir a corto plazo. Sin embargo, en este periodo las políticas relacionadas con el desarrollo de infraestructura pueden tener un efecto importante. Un asunto fundamental en materia de políticas, subyacente a los resultados que aquí se presentan, es el de las áreas protegidas, no sólo en cuanto a su extensión, sino también en relación con el grado real de protección ofrecida.

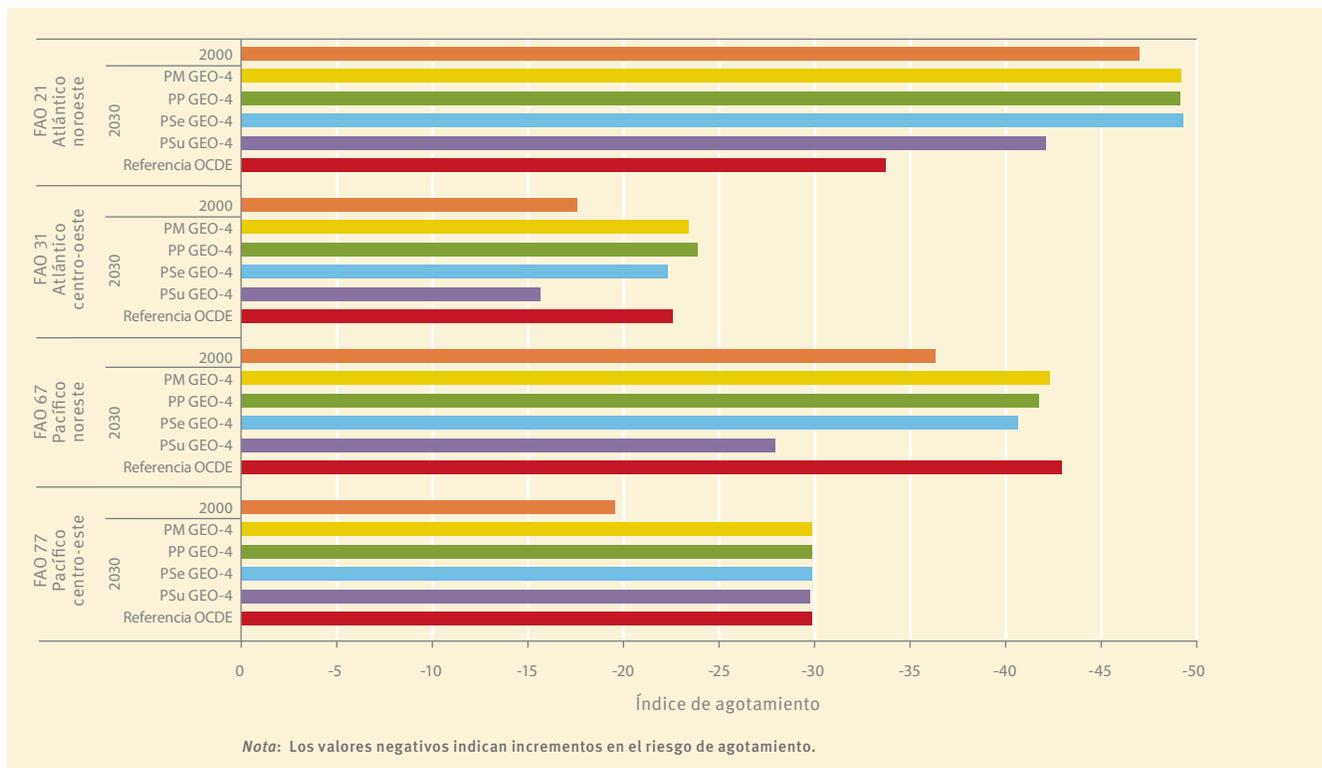
Biodiversidad marina

El aumento de la presión de la pesca y las cargas de nitrógeno, junto con otras presiones ambientales, afectarán de manera muy negativa

GRÁFICA 32: DISMINUCIÓN DE LA ABUNDANCIA PROMEDIO DE ESPECIES TERRESTRES, POR PAÍS



GRÁFICA 33: CAMBIOS (A PARTIR DE NIVELES HISTÓRICOS) EN EL ÍNDICE DE AGOTAMIENTO DE ESPECIES MARINAS POR REGIÓN, AMÉRICA DEL NORTE



la biodiversidad marina. Vadgama, Nitze *et al.* (2008, p. 55) observan que para 2025 tres cuartas partes de la población de Estados Unidos vivirán en zonas costeras. El calentamiento de los océanos debido al cambio climático provocará que algunas especies se desplacen de sus áreas habituales de ubicación; aquellas que no puedan hacerlo dentro del periodo en el que ocurran estas alteraciones, como es el caso de los arrecifes y sus especies asociadas, resultarán perjudicadas. Una preocupación más reciente tiene que ver con la medida en que los ecosistemas marinos se verán afectados por la acidificación de los océanos derivada de los mayores niveles de dióxido de carbono absorbido por sus aguas (CENR, 2008).

El Centro de Pesca de la Universidad de Columbia Británica formuló un indicador marino equivalente de la APE: el *índice de agotamiento* (Alder, Guénette *et al.*, 2007), que toma en cuenta tanto las disminuciones reales de la biomasa como la capacidad de las

diferentes especies de responder a la presión de la pesca. En la gráfica 33 y el cuadro A2.26 se presentan los cambios estimados en el índice de agotamiento para cuatro áreas marinas de la FAO colindantes con América del Norte en los escenarios del *GEO-4* y el escenario de referencia de la OCDE.²⁵ En todos los casos se muestra un nivel ya sustancial de agotamiento, en particular en el Atlántico noroeste. Aunque la mayoría de los escenarios presentan para todas las regiones un mayor agotamiento respecto de los índices de 2000, el escenario “primero la sustentabilidad” (PSu) del *GEO-4* indica cierta recuperación en todas ellas —salvo en el Pacífico centro-este—, lo cual refleja, entre otras cosas, los menores niveles de explotación previstos en este escenario. En cuanto a la región Atlántico noroeste, incrementos relativamente pequeños del índice de agotamiento se proyectan en tres de los escenarios del *GEO-4*, con mejoras pronosticadas no sólo en PSu *GEO-4* sino también en el escenario de referencia de la OCDE.

²⁵ Véase la nota 14.



CAPÍTULO 7

Efectos: consecuencias socioeconómicas del cambio ambiental

7.1 INTRODUCCIÓN

Se prevé que los cambios ambientales antes descritos afectarán en gran medida las condiciones socioeconómicas de América del Norte y el resto del mundo. Sin embargo, dada la complejidad de las relaciones entre los sistemas naturales y humanos, los intentos por hacer cálculos cuantitativos de las repercusiones socioeconómicas del cambio ambiental han sido hasta ahora limitados. Esto se debe, en parte, a que tales efectos estarán mediados por muchos otros factores, entre los que destacan las metafuerzas ya mencionadas y la capacidad humana de adaptación. También debe puntualizarse que ningún estudio ha realmente “cerrado el círculo”, considerando el impacto del propio cambio ambiental en las variaciones de las fuerzas socioeconómicas que, de suyo, impulsan dicho cambio.

Con todo, se despliegan cada vez más esfuerzos en este sentido. En el presente documento se examinan estimaciones recientes relacionadas con el estrés hídrico y los efectos de la contaminación atmosférica urbana en la salud, análisis que se complementa con una presentación de posibles repercusiones del cambio climático.

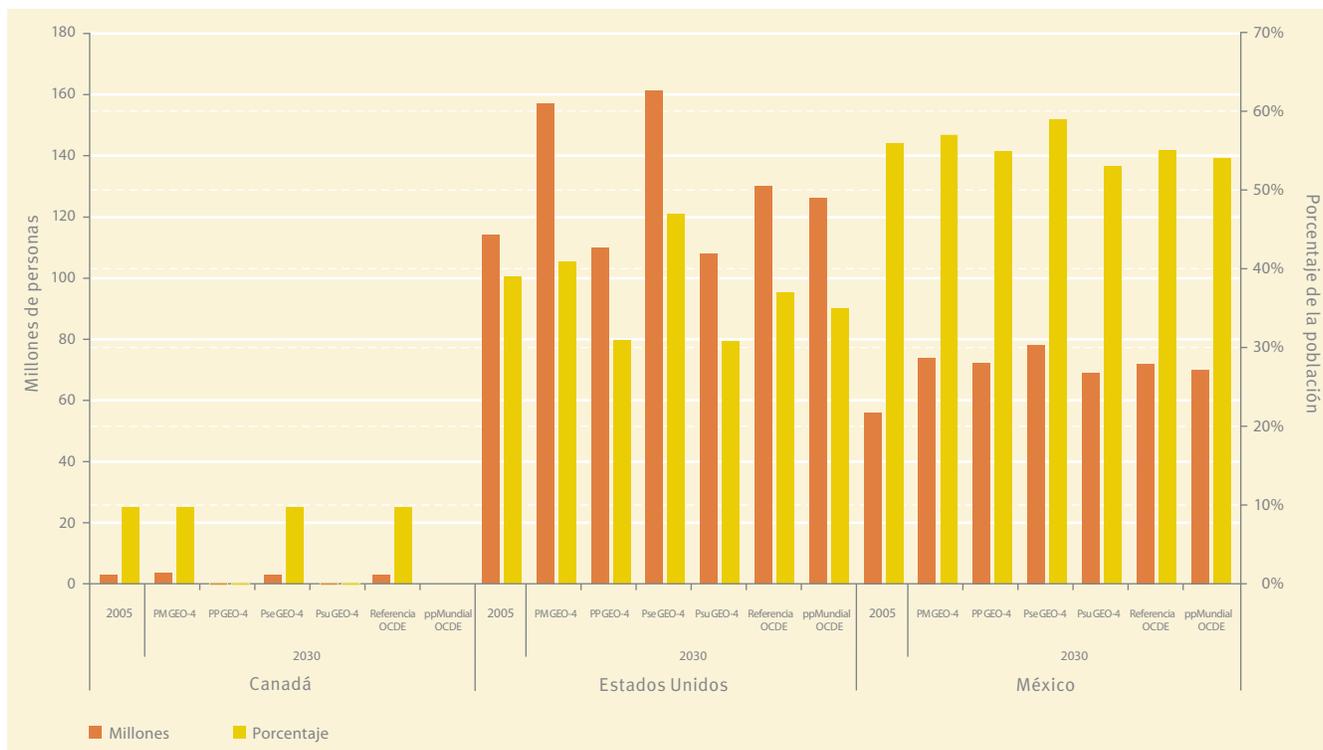
7.2 POBLACIÓN EN ZONAS QUE ENFRENTAN UN ESTRÉS HÍDRICO GRAVE

ASPECTOS PRINCIPALES:

- En todos los escenarios se proyecta un incremento del número de habitantes (entre tres y 70 millones más de personas) en zonas de América del Norte que enfrentarán estrés hídrico, a pesar de la disminución del porcentaje absoluto.
- México experimentará el mayor incremento: entre 12 y 17 millones de personas.

Como sucede con cualquier recurso, una mayor demanda de agua dulce sin el aumento concomitante de la oferta se traducirá en más competencia. En el informe *GEO-4* y en la *Prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030* se examina esta situación mediante el concepto del *estrés hídrico*, que considera la relación entre las extracciones y el suministro renovable de agua por año.

GRÁFICA 34: ESTRÉS HÍDRICO, POR PAÍS



Los cálculos para 2005 indican que aproximadamente 40 por ciento de los habitantes de América del Norte, es decir, 170 millones de personas, viven en cuencas fluviales que enfrentan un estrés hídrico grave.²⁶ Esta cifra incluye a más de 50 por ciento de la población mexicana y a gran parte de la que habita en el suroeste de Estados Unidos. En Canadá los valores correspondientes son mucho menores.

En los escenarios de referencia y ppMundial de la OCDE se proyecta que tal porcentaje permanezca casi igual hasta el año 2030, pero incluso ello implica que de 20 a 30 millones de personas más enfrentarán un estrés hídrico grave para esa fecha (véanse la gráfica 34 y el cuadro A2.27). Ni siquiera combinada con un crecimiento demográfico más lento en los escenarios “primero las políticas” (PP) y “primero la sustentabilidad” (PSu) del *GEO-4* podrá una menor demanda contrarrestar del todo las consecuencias negativas esperadas del cambio climático.²⁷ Así, de acuerdo con estos dos escenarios, de tres a ocho millones de personas más enfrentarán un estrés hídrico grave para 2030, aun si se registra un descenso en términos del porcentaje de la población total que representan. El crecimiento más rápido de la población y la mayor demanda considerados en “primero la seguridad” (PSe) del *GEO-4* generan proyecciones donde casi 50 por ciento de la población de América del Norte —más de 240 millones de personas, o sea, 70 millones por arriba de la cifra actual— enfrentará un estrés hídrico grave.

7.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA EN LA SALUD

ASPECTOS PRINCIPALES:

- Se esperan reducciones significativas de la morbilidad y la mortalidad relacionadas con las partículas suspendidas.
- Se prevén aumentos significativos de la morbilidad y la mortalidad relacionadas con el ozono troposférico, debido principalmente a que no disminuirán los niveles de ozono y las poblaciones urbanas continuarán creciendo, al igual que el número de adultos mayores.

Se anticipa que los cambios antes examinados en la exposición a partículas suspendidas y al ozono troposférico provoquen variaciones en la mortalidad y la morbilidad relacionadas con estos contaminantes. En la gráfica 35 y el cuadro A2.28 se presentan cálculos de la magnitud de dichas variaciones, según los escenarios de referencia y ppMundial de la OCDE. Para el periodo de 2000 a 2030 se esperan reducciones significativas de la mortalidad y la morbilidad por causas relacionadas con partículas suspendidas. El escenario de referencia pronostica una disminución de alrededor de 50 por ciento en América del Norte, mientras que la proyección del escenario ppMundial se acerca a 95 por ciento. Estas reducciones se observan en los tres países.

En lo que se refiere a ozono troposférico, sin embargo, la falta de disminución en los niveles de exposición, combinada con el crecimiento de la población urbana total y una mayor edad promedio de la población, lleva a prever incrementos en las tasas de mortalidad (de tres a cuatro veces más que el nivel actual) y morbilidad (de cinco a seis veces más) en América del Norte. De acuerdo con el escenario de referencia de la OCDE —único para el que se presentan cálculos—, los tres países resultarán afectados de manera similar.

7.4 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ASPECTO PRINCIPAL:

- Se espera que el cambio climático tenga repercusiones considerables tanto en la salud humana como en la sociedad y la economía.

En la gráfica 2 (capítulo 3) se presentan ejemplos generales de los efectos asociados con el aumento de las temperaturas como consecuencia del cambio climático. Ahora bien, como se observó ya, aparte de la mera variación de la temperatura, los efectos del cambio climático se manifestarán también de otras maneras. Asimismo, la magnitud de estos efectos diferirá según la región, y lo mismo ocurrirá con la vulnerabilidad de las diferentes regiones y sectores de la sociedad. Varios estudios han examinado las posibles implicaciones socioeconómicas del cambio climático en América del Norte. Aunque en muchos casos puede ser difícil calcular la gravedad, y por tanto los costos socioeconómicos, de estas implicaciones, su naturaleza resulta más fácil de identificar. A continuación se presenta un resumen de algunas de las principales conclusiones de tales estudios.

En última instancia, se espera que los efectos socioeconómicos del cambio ambiental sean negativos, pero esto diferirá significativamente según el sector y la región (Ruth, Coelho *et al.*, 2007). A semejanza de las categorías utilizadas en muchos de los estudios examinados, en la presente revisión se establece una distinción entre efectos en la salud humana y otras consecuencias socioeconómicas.

Efectos en la salud humana

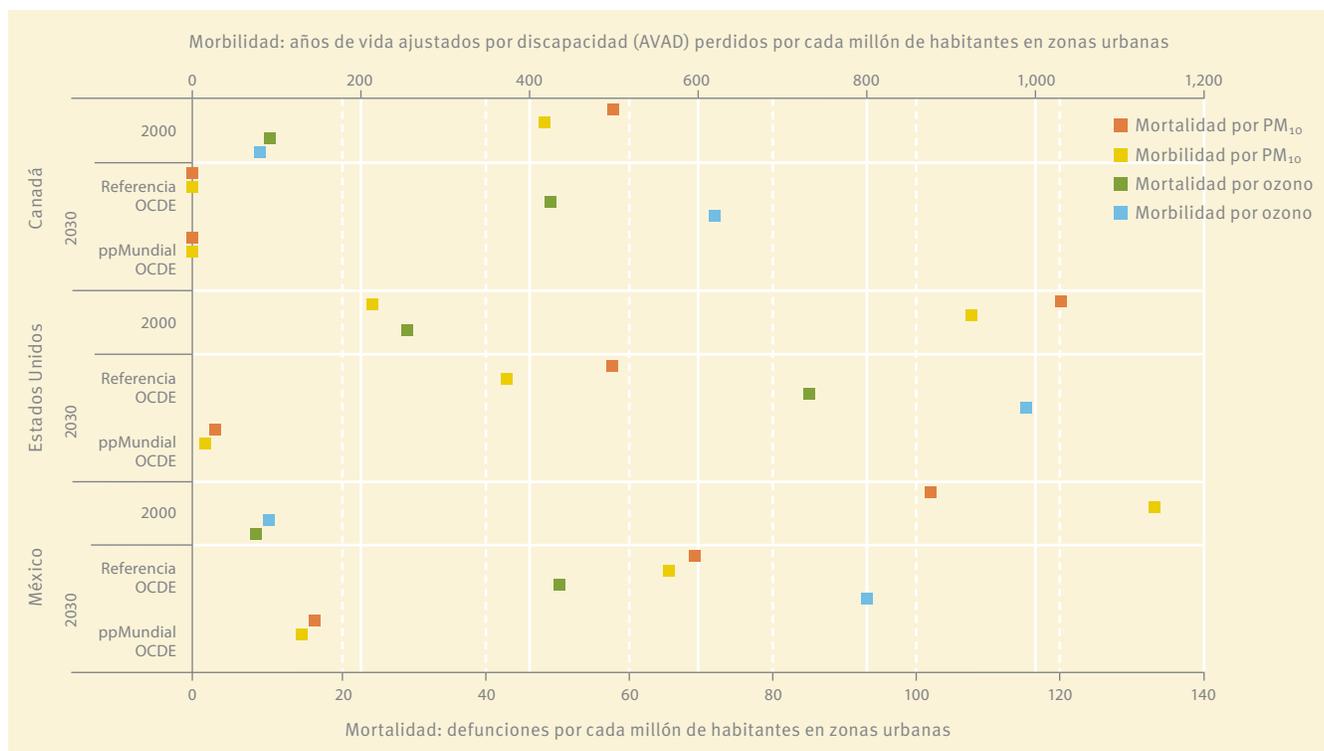
- Son probables las olas de calor más intensas y prolongadas (PNUMA, 2007). Asimismo, en virtud de variaciones demográficas que han tenido como resultado poblaciones más vulnerables, y debido a una infraestructura ya inadecuada para resistir calores extremos, es probable que se incrementen sustancialmente los riesgos para la salud causados por las olas de calor en los estados de la región central de Estados Unidos (Ebi y Meehl, 2007).

Los cambios ambientales afectarán en gran medida las condiciones socioeconómicas de América del Norte y el resto del mundo. Sin embargo, ningún estudio ha realmente “cerrado el círculo”, considerando el impacto del propio cambio ambiental en las variaciones de las fuerzas socioeconómicas que, de suyo, impulsan dicho cambio.

²⁶El estrés hídrico grave se define como aquella situación en que las extracciones exceden 40 por ciento los recursos renovables. Se supone que a mayor nivel de estrés hídrico, mayor será la probabilidad de escasez crónica o extrema de agua.

²⁷Como las diferencias entre los escenarios para el año 2030 respecto al clima son mínimas, esto no nos explica tales diferencias.

GRÁFICA 35: EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA EN LA SALUD, POR PAÍS



- Puede esperarse un aumento de los episodios de smog en algunos lugares (PNUMA, 2007). En el este de Estados Unidos, las muertes relacionadas con el ozono a causa del cambio climático podrían aumentar aproximadamente 4.5 por ciento entre las décadas de 1990 y 2050 (Field, Mortsch *et al.*, 2007). Los problemas de salud habrán de exacerbarse en ciudades sujetas a inversiones térmicas, como es el caso de la Ciudad de México (Magrin, Gay García *et al.*, 2007).
- En algunos lugares puede registrarse un aumento de la contaminación del agua y los alimentos, así como de enfermedades transmitidas por insectos (por ejemplo, la enfermedad de Lyme, el virus del Nilo occidental y el síndrome pulmonar por hantavirus) (PNUMA, 2007). Esto incluiría un aumento de la población en riesgo de contraer dengue y paludismo en México (Magrin, Gay García *et al.*, 2007).
- Es muy probable que muchas ciudades de América Latina, vulnerables en la actualidad a deslaves e inundaciones de lodo, sufran la exacerbación de fenómenos extremos, con el consecuente aumento de los riesgos y peligros para las poblaciones locales (Magrin, Gay García *et al.*, 2007).

Otros efectos socioeconómicos

- En Alaska y el norte de Canadá, los cambios inducidos por el clima en las regiones con permafrost, en los hielos marinos y lacustres, así como en la cobertura de nieve, repercutirán de manera importante y costosa en el diseño y el mantenimiento de la infraestructura (Lemmen, Warren *et al.*, 2008).
- El cambio climático continuará agravando las actuales presiones sobre la industria forestal (Lemmen, Warren *et al.*, 2008). Se espera la prolongación de la temporada de incendios forestales (Field, Mortsch *et al.*, 2007), al tiempo que las temperaturas más cálidas

en general facilitarán la propagación de plagas forestales, como el escarabajo del pino.

- Se pronostica un efecto mixto en los recursos pesqueros, ya que las pesquerías de agua fría probablemente resulten perjudicadas, con ganancias en el norte y pérdidas en las porciones sur de las áreas de distribución, mientras que las pesquerías de aguas cálidas pueden verse beneficiadas (Field, Mortsch *et al.*, 2007).
- Es probable que las consecuencias en la agricultura sean mixtas en América del Norte. Se proyectan sequías más frecuentes en las praderas canadienses y en las costas oeste y el suroeste de Estados Unidos (Lemmen, Warren *et al.*, 2008). También se espera que los daños para la producción agrícola en América del Norte a causa del agotamiento de los recursos hídricos asciendan a miles de millones de dólares (Ruth, Coelho *et al.*, 2007). Al mismo tiempo, se pronostica que el cambio climático moderado inicial aumente la producción agrícola de temporal, especialmente en algunas partes de Canadá y Estados Unidos (Field, Mortsch *et al.*, 2007).
- El transporte a lo largo de las costas del Atlántico y el golfo de México resultará afectado a causa de los mayores daños provocados por las tormentas costeras, a lo que se sumará la lenta elevación del nivel del mar. Un descenso en el nivel de agua de los Grandes Lagos y el río San Lorenzo repercutirá en las rutas de navegación y la generación hidroeléctrica (Field, Mortsch *et al.*, 2007).
- El mayor número de vendavales y el aumento del nivel del mar afectarán los ingresos provenientes del turismo en las zonas costeras (Magrin, Gay García *et al.*, 2007).
- El descenso o la variación de la población y la distribución de las especies, entre otras alteraciones, plantearán a muchas comunidades indígenas del Ártico desafíos sin precedente para mantener y proteger su forma de vida tradicional y sus medios de subsistencia (Lemmen, Warren *et al.*, 2008).

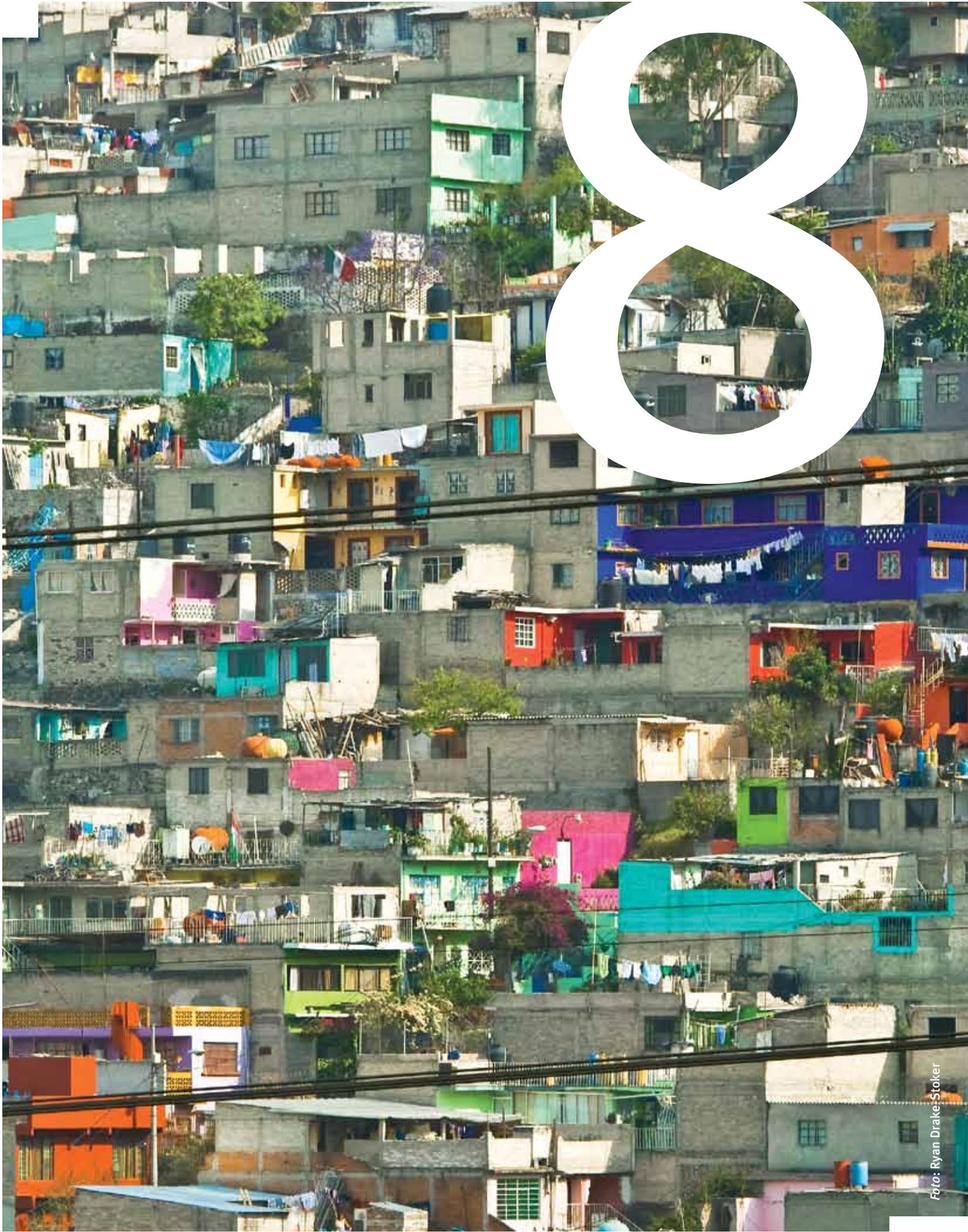


Foto: Ryan Drake-Stoker

CAPÍTULO 8

Conclusiones

El futuro es, y siempre será, el reino de lo desconocido. Sin embargo, hay mucho que ganar si tratamos de entender la gama de lo posible, a fin no sólo de prepararnos para lo que pueda pasar, sino también —lo que es igualmente importante— para aplicar medidas que permitan trazar un rumbo hacia horizontes más deseables. En el presente informe se analiza lo que nos dicen estudios recientes sobre el futuro que se proyecta para el medio ambiente en América del Norte hacia 2030. Aunque todavía faltan dos décadas, el año 2030 se encuentra en los horizontes de planeación y definición de políticas de muchos segmentos de la sociedad. Las decisiones que tomemos hoy —así como las que ya se adoptaron en años recientes— contribuirán en gran medida a determinar la calidad del medio ambiente y los desafíos ambientales, sociales y económicos relacionados que tendremos entonces.

El intento de escudriñar en el futuro se encuentra lleno de incertidumbres, no sólo en lo que se refiere al funcionamiento de los sistemas sociales y naturales, sino también a las decisiones tomadas por los individuos y por la sociedad en su conjunto. Por ello, no debe sorprendernos que sólo unos cuantos estudios se hayan propuesto examinar en forma estructurada el futuro del medio ambiente. Los que se analizaron para el presente informe abordan el problema de la incertidumbre, en parte, postulando escenarios posibles para el futuro. No se trata de predicciones, sino de proyecciones condicionales basadas en los conocimientos actuales y en conjuntos de hipótesis acerca de una variedad de sucesos, sobre todo las decisiones sociales.

Pese al número limitado de estudios disponibles y las limitaciones de la proyección del futuro en general, de esta revisión pueden derivarse los siguientes mensajes cruciales, agrupados en tres categorías:

La gama de las proyecciones para muchos asuntos ambientales y sus fuerzas motrices es amplia

Los estudios revisados, y los diversos escenarios que en ellos se presentan, difieren en cuanto a sus hipótesis sobre las decisiones que habremos de tomar, ya sea como individuos o como sociedad. Una mayor variación tanto en las hipótesis como en los resultados pone de manifiesto los aspectos en los que nuestras acciones pueden incidir en mayor medida para el año 2030. Los asuntos con proyecciones más variables de un escenario a otro incluyen:

- Uso de energía y emisiones relacionadas.
- Uso de agua y tratamiento de aguas residuales.

Cabe esperar cambios considerables, que representarán grandes desafíos, en muchos problemas ambientales y sus fuerzas motrices

En este caso, lo considerable no sólo se refiere a la magnitud de un cambio, sino también a su orientación y persistencia; la medida en que se aproxima a los umbrales críticos o los rebasa, y sus repercusiones en la sociedad. Entre los desafíos más importantes probablemente figuren:

- Calentamiento continuo y acelerado, en particular en el Ártico.
- Pérdida continua de la biodiversidad terrestre.
- Persistencia de niveles elevados de ozono troposférico en zonas urbanas.

Hay lagunas importantes en el acervo actual de conocimientos sobre las perspectivas ambientales

Aun reconociendo que intentar predecir el futuro es una misión condenada al fracaso, es mucho lo que puede aprenderse cuando se barajan las posibilidades. Con todo, hay problemas importantes que no han recibido suficiente atención y que, por ello, tienen menos probabilidades de ser considerados en las medidas que se adopten, incluidas las políticas. Entre los problemas dignos de mayor atención figuran:

- Crecimiento de las zonas urbanas y superficies edificadas.
- Calidad y disponibilidad del agua dulce y de las aguas freáticas.
- Efectos específicos del cambio ambiental en la salud y la economía.
- Efectos del consumo en América del Norte sobre el medio ambiente de otras regiones y viceversa.

Estos asuntos apuntan a un conjunto de acciones interrelacionadas que ameritan consideración: abordar los cambios a los que sea posible aplicar medidas basadas en políticas a corto plazo; prepararse para aquellos cambios que son casi inevitables a corto plazo, pero a los que podrían aplicarse medidas basadas en políticas a más largo plazo, y fortalecer nuestros conocimientos sobre los cambios acerca de los cuales sabemos menos.

REFERENCIAS

- Akimoto, H., "Global Air Quality and Pollution", *Science* 302(5651), 2003, pp. 1716-1719.
- Alder, J., S. Guénette *et al.*, *Ecosystem-based Global Fishing Policy Scenarios*, Fisheries Centre Research Reports 15(7), The Fisheries Centre, Universidad de Columbia Británica, Vancouver, 2007.
- Alig, R., S. Plantinga y J. Kline, *Land use changes involving forestry for the United States: 1952 to 1997, with projections to 2050*, informe técnico general 587, US Department of Agriculture, Forest Service Pacific Northwest Research Station, Portland, OR., 2003.
- Ash, N. y A. Fazel, "Biodiversidad", *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4, medio ambiente para el desarrollo*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 2007, pp. 157-192.
- Bakkes, J. A. y P. R. Bosch (comps.), *Background Report to the OECD Environmental Outlook to 2030: Overviews, Details, and Methodology of Model-Based Analysis*, Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, 2008.
- CCA, *Auge de las economías, silencios en el medio ambiente y rutas alternativas para nuestro futuro*, nota de trabajo núm. 4 sobre tendencias ambientales críticas e incipientes, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 2000.
- _____, *El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 2008.
- CCl, *13th Biennial Report on Great Lakes Water Quality*, Comisión Conjunta Internacional (*International Joint Commission*, IJC), Ottawa y Washington, DC., diciembre de 2006.
- CENR, *Scientific Assessment of the Effects of Global Change on the United States*, Climate Change Science Program, National Science and Technology Council's Committee on Environment and Natural Resources, Washington, DC, 2008.
- Chertow, M. R., "The IPAT Equation and Its Variants", *Journal of Industrial Ecology*, núm. 4, vol. 4, 2000, pp. 113-129.
- Dent, D., "Tierras", *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4, medio ambiente para el desarrollo*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 2007, pp. 81-114.
- EM, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, informe de síntesis de la Evaluación del Milenio sobre los Ecosistemas, Island Press, Washington, DC, 2005.
- Ewing, B., S. Goldfinger *et al.*, *The Ecological Footprint Atlas 2008*, Global Footprint Network, Oakland, 2008.
- FAO, *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, 2007.
- Field, C. B., L. D. Mortsch *et al.*, "North America", en M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ["Cambio climático 2007: impacto, adaptación y vulnerabilidad, contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)"], Cambridge University Press, Cambridge, 2007, pp. 617-652.
- Halpern, B. S., S. Walbridge *et al.*, "A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems", *Science* 319(5865), 2008, pp. 948-952.
- Hansen, J., "Testimony to US Congress", en <http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/TwentyYearsLater_20080623.pdf>, 2008.
- Homer-Dixon, T., "Complexity, Crisis, and Creativity: Meeting the Challenges of the Age of Nature", presentación realizada en la reunión *Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030*, del Comité Consultivo Público Conjunto de la Comisión para la Cooperación Ambiental, Ottawa, 25 de junio de 2008.
- INAC, *Canadian Arctic Contaminants Assessment Report II: Highlights*, Indian and Northern Affairs Canadá, Ottawa, 2003.
- IPCC, *Emission Scenarios* ["Escenarios de emisiones, resumen para responsables de políticas"], informe especial del Grupo de Trabajo III, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- _____, *Cambio climático 2007: informe de síntesis*, contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, 2007.
- ITTO, *Status of Tropical Forest Management 2005*, Serie Técnica ITTO núm. 24, International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japón, 2006, p. 302.
- Karl, T. R., G. A. Meehl *et al.* (comps.), *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U. S. Pacific Islands, Synthesis and Assessment Product 3.3*, US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Department of Commerce, NOAA's National Climatic Data Center, Washington, DC, 2008.
- Kelleher, K., *Discards in the World's Marine Fisheries: An Update*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, 2005, p. 131.
- Kuylenstierna, J. C. I. y T. S. Panwar, "Atmósfera", *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4, medio ambiente para el desarrollo*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 2007, pp. 39-80.
- Lemmen, D. S., F. J. Warren *et al.* (comps.), *From Impacts to Adaptation: Canada in a Changing Climate 2007*, Gobierno de Canadá, Ottawa, 2008.

- Lettenmaier, D., D. Major *et al.*, "Water Resources", en P. Backlund, A. Janetos, D. Schimel *et al.*, *The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water resources, and Biodiversity in the United States. A Report by the US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research*, US Department of Agriculture, Washington, DC, 2008, pp. 121-150.
- Magrin, G., C. Gay García *et al.*, "Latin America", en M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ["Cambio climático 2007: impacto, adaptación y vulnerabilidad, contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)"], Cambridge University Press, Cambridge, 2007, pp. 581-615.
- McBean, G., "Global Environmental Change: A Challenge for North America", presentación realizada en la reunión *Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030*, del Comité Consultivo Público Conjunto de la Comisión para la Cooperación Ambiental, Ottawa, Ontario, 25 de junio de 2008.
- Murawski, S., R. Methot *et al.*, "Biodiversity Loss in the Ocean: How Bad Is It?", *Science* 316(5829), 2007, pp. 1281b-1284.
- NEB, *Canada's Energy Future: Reference Case and Scenarios to 2030*, National Energy Board (NEB), Calgary, Alberta, 2007.
- Nowak, D.J. y J.T. Walton, "Projected Urban Growth (2000-2050) and Its Estimated Impact on the US Forest Resource", *Journal of Forestry*, diciembre de 2005, pp. 383-389.
- OCDE, *OECD Environmental Outlook to 2030*, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París, 2008.
- OCDE-AIE, *World Energy Outlook 2008* ["Perspectivas de energía en el mundo, 2008"], Agencia Internacional de Energía / Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París, 2008.
- ONU, *World Population Prospects: The 2006 Revision, Highlights* ["Perspectivas de población en el mundo: revisión de 2006"], Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la División de Población de la Organización de las Naciones Unidas, Nueva York, 2007.
- _____, *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, Highlights* ["Perspectivas de población en el mundo: revisión de 2007"], Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la División de Población de la Organización de las Naciones Unidas, Nueva York, 2008.
- Pauly, D., R. Watson *et al.*, "Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1453), 2005, pp. 5-12.
- PNUMA, *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4, medio ambiente para el desarrollo*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 2007.
- Rothman, D. S., J. Agard *et al.*, "El futuro hoy", *Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4, medio ambiente para el desarrollo*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 2007, pp. 397-454.
- Ruth, M., D. Coelho, *et al.*, *The US Economic Impacts of Climate Change and the Costs of Inaction*, Center for Integrative Environmental Research (CIER), Universidad de Maryland, College Park, Maryland, 2007, p. 48.
- Ryan, M. G., S.R. Archer, R. Birdsey, C. Dahm, L. Heath, J. Hicke, D. Hollinger, T. Huxman, G. Okin, R. Oren, J. Randerson y W. Schlesinger, "Land Resources: Forests and Arid Lands", en P. Backlund, A. Janetos, D. Schimel *et al.*, *The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water resources, and Biodiversity in the United States. A Report by the US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research*, US Department of Agriculture, Washington, DC, 2008, pp. 75-120.
- Sala, O. E., F. S. Chapin III *et al.*, "Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100", *Science* 287(5459), 2000, pp. 1770-1774.
- Sanderson, E. W., M. Jaiteh *et al.*, "The Human Footprint and the Last of the Wild", *BioScience*, núm. 52, vol. 10, 2002, pp. 891-904.
- Smeets, E. y R. Wetering, *Environmental Indicators: Typology and overview*, Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague, 1999, p. 19.
- Smil, V., *Global Catastrophes and Trends: The Next Fifty Years*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2008.
- Stratos e IISD, *Perspectivas ambientales en América del Norte 2005-2030*, documento de trabajo, Stratos Inc. e Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, Montreal, 2008, p. 25.
- Turner II, B. L., W. C. Clark *et al.* (comps.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- US EIA, *International Energy Outlook 2008* ["Perspectivas internacionales de energía, 2008"], Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, US Department of Energy, Washington, DC, 2008.
- Vadgama, J., W. A. Nitze *et al.*, "Outlook for the Environment" en A. Peschard-Sverdrup, *The Future of North America 2025: Outlook and Recommendations*, The CSIS Press, Washington, DC, 2008, pp. 1-85.
- Wilkening, K. E., L. A. Barrie *et al.*, "Trans-Pacific Air Pollution", *Science* 290(5489), 2000, pp. 65-67.
- Wilson, D. y R. Purushothaman, *Dreaming with BRICs: The Path to 2050*, The Goldman Sachs Group, Inc., Nueva York, 2003, p. 23.
- Worm, B., E. B. Barbier *et al.*, "Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services", *Science* 314(5800), 2006, pp. 787-790.
- _____, "Response to Comments on 'Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services'", *Science* 316(5829), 2007, p. 1285d.

ANEXO 1

Estudios de referencia

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS

Prospectiva medioambiental para el 2030

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) publicó su *Prospectiva medioambiental para el 2030* en la primavera de 2008 (OCDE, 2008). Poco tiempo después, emitió un informe de antecedentes (Bakkes y Bosch, 2008).²⁸

La *Prospectiva medioambiental* de la OCDE se elaboró con base en un escenario de referencia (escenario de referencia de la OCDE) y se describe como:

una panorámica estilizada de los sucesos medioambientales de las próximas décadas. Se basa en la hipótesis de que no habrá nuevas políticas en respuesta a las presiones ambientales, ni tampoco sobre subsidios a la producción agrícola ni sobre aranceles al comercio agrícola.

(Bakkes y Bosch, 2008, p. 18.)

Se examinan diversas “variantes” de paquetes de políticas (pp) en materia de, por ejemplo, contaminación atmosférica local y regional, emisiones de gases de efecto invernadero y apoyo a la agricultura. Así, la *Prospectiva medioambiental* incluye “paquetes de políticas con una participación cada vez más amplia: sólo la OCDE; la OCDE + el bloque BRIC, y la OCDE + el bloque BRIC + el resto del mundo”, además de variantes independientes vinculadas con el cambio climático (Bakkes y Bosch, 2008, p. 19). Dado que permiten establecer el mayor contraste con el escenario de referencia de la OCDE, el presente informe se centra en las variantes más rigurosas: el paquete integral de políticas de la OCDE + el bloque BRIC + el resto del mundo, al que se ha denominado escenario “ppMundial de la OCDE”, y la opción sobre el cambio climático que refleja las políticas necesarias para estabilizar la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero en 450 partes por millón (ppm) por volumen de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂eq), y al que se hace referencia como escenario “450ppm de la OCDE”.

La OCDE ha tenido el cuidado de precisar que su escenario ppMundial:

no pretende reflejar un paquete “ideal” o “integral” de políticas medioambientales, sino una combinación de un conjunto limitado de políticas que: a) abarcan muchos de los principales desafíos medioambientales identificados en la *Prospectiva*; y b) pueden simularse en el marco de los modelos ahí utilizados. Sin embargo, no incluye ninguna política destinada explícitamente,

por ejemplo, a proteger la biodiversidad o a mejorar la adopción de tecnología agrícola. El paquete de políticas de la *Prospectiva* tiene el propósito de ser razonablemente realista desde el punto de vista político y práctico en lo que respecta a su alcance, mediante la aplicación gradual de las políticas y considerando hasta cierto punto la capacidad regional.

(OCDE, 2008, p. 438.)

La variante 450ppm de la OCDE se describe como sigue:

Se eligió esta simulación de políticas a fin de demostrar el nivel de esfuerzo necesario para estabilizar las concentraciones atmosféricas de emisiones de gases de efecto invernadero en 450 ppm de equivalentes de CO₂ (denominada a continuación 450ppm), así como limitar a largo plazo el cambio de la temperatura media mundial a cerca de 2 °C. Se adentra en los posibles costos de esta ambiciosa vía de mitigación y también simula una ruta hacia la reducción de emisiones en todas las regiones del mundo “al menor costo” con respecto de todas las fuentes (y sumideros) de emisiones de gases de efecto invernadero. Además del costo y la eficacia, la simulación también examina las tecnologías necesarias para lograr este ambicioso objetivo de estabilización (véase el capítulo 17). Esto nos permite entender qué tecnologías y fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero se espera que ofrezcan los medios más rentables para reducir de manera importante las emisiones en las próximas décadas. El impuesto aplicado en esta simulación se incrementa de 2.4 dólares por tonelada de equivalentes de CO₂ en 2010 a 155 dólares en 2050 (en dólares estadounidenses constantes de 2001).

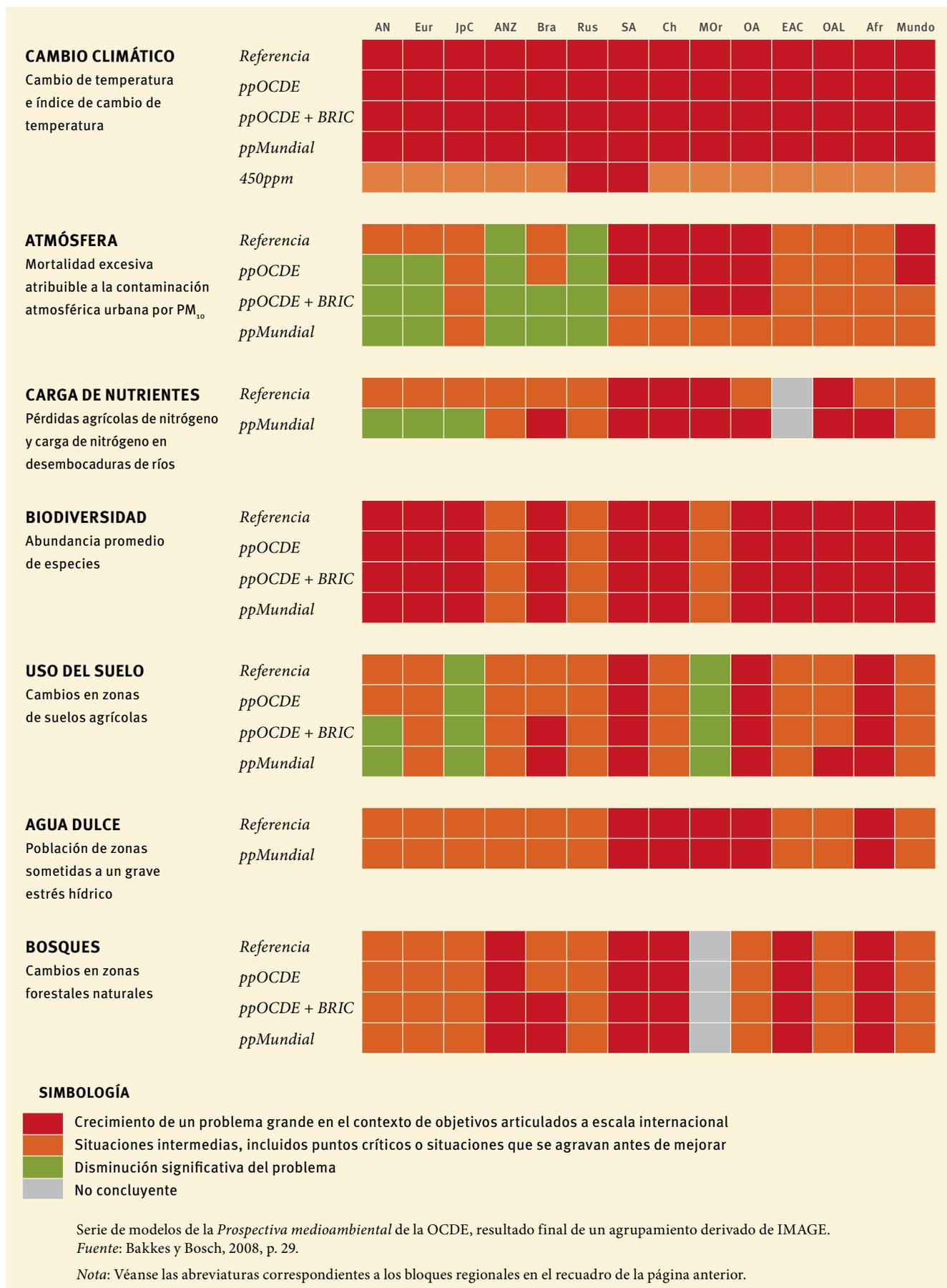
(OCDE, 2008, p. 155.)

A continuación se reproduce la sinopsis de las principales consecuencias ambientales por región para las diversas variantes de políticas examinadas en la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE (Bakkes y Bosch, 2008, p. 29).

Bloques regionales: BRIC = Brasil, Rusia, India y China; AN = América del Norte; EUR = países europeos pertenecientes a la OCDE; JPC = países asiáticos pertenecientes a la OCDE (Japón y Corea del Sur); ANZ = países de la cuenca del Pacífico pertenecientes a la OCDE (Australia y Nueva Zelanda); BRA = Brasil; Rus = Rusia y países del Cáucaso; SA = Países del sur de Asia; CH = Región de China; MOR = Medio Oriente; OA = Otros países asiáticos; EAC = Europa del Este y Asia central; OAL = Otros países de América Latina y el Caribe; AFR = África.

²⁸ Agradecemos especialmente a Rob Visser de la OCDE y a Jan Bakkes de la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos por facilitarnos secuencias detalladas de aplicación de los modelos que incluyen datos no presentados de manera explícita en los informes publicados.

CUADRO A1.1: Sinopsis de las consecuencias ambientales por bloque regional en la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO-4, medio ambiente para el desarrollo

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente dio a conocer su informe *GEO-4* en octubre de 2007 (PNUMA, 2007). En esta evaluación, el capítulo más prospectivo es el 9: “El futuro hoy” (Rothman, Agard *et al.*, 2007).²⁹

El *GEO-4* no incluye un escenario de referencia, sino que presenta cuatro escenarios basados en hipótesis fundamentalmente distintas sobre los cambios en la conducta individual y en las políticas públicas:

- **Primero los mercados (PM GEO-4).** El sector privado, con el apoyo activo del gobierno, busca el máximo crecimiento económico como el mejor camino para mejorar el medio ambiente y el bienestar humano. Se respetan sólo de palabra los ideales de la Comisión Brundtland, la Agenda 21 y otras importantes decisiones en materia de políticas sobre desarrollo sustentable. El enfoque se restringe a la sustentabilidad de los mercados y no aborda el sistema más amplio ser humano-medio ambiente. Asimismo, se pone el énfasis en las soluciones tecnológicas a los desafíos ambientales, a costa de otras intervenciones basadas en políticas y algunas soluciones de probada eficacia.
- **Primero las políticas (PP GEO-4).** El gobierno, con el apoyo activo del sector privado y la sociedad civil, formula e instrumenta políticas sólidas para mejorar el medio ambiente y el bienestar de las personas, aunque sin dejar de insistir en el desarrollo económico. Si bien se introducen algunas medidas tendientes a promover el desarrollo sustentable, las tensiones entre las políticas económicas y ambientales tienden a favorecer las consideraciones sociales y económicas. Con todo, este escenario incorpora el idealismo de la Comisión Brundtland a fin de renovar el proceso de políticas ambientales en diferentes niveles, incluidas acciones para poner en práctica las recomendaciones y los acuerdos de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (CMDS) y la Cumbre del Milenio. Se da prioridad a enfoques de lo global a lo específico (*top-down*) debido, en parte, al deseo de avanzar con mayor rapidez en la consecución de los principales objetivos.
- **Primero la seguridad (PSe GEO-4).** El gobierno y el sector privado compiten por el control de las acciones para mejorar, o por lo menos mantener, el bienestar humano, principalmente de los ricos y poderosos de la sociedad. Este escenario, que también podría describirse como “Primero yo”, gira en torno de una minoría: rica, nacional y regional. Sólo se destaca el desarrollo sustentable cuando se trata de maximizar el acceso al medio ambiente y su uso por parte de los poderosos. En sentido contrario a la doctrina Brundtland sobre las crisis interrelacionadas, en este escenario las respuestas (intervenciones) refuerzan la fragmentación de la gestión (efecto “silo”) y se ve

con suspicacia el papel de las Naciones Unidas, en particular en algunos segmentos ricos y poderosos de la sociedad.

- **Primero la sustentabilidad (PSu GEO-4).** El gobierno, la sociedad civil y el sector privado colaboran para mejorar el medio ambiente y el bienestar humano, con gran énfasis en la equidad. Se otorga igual importancia a las políticas ambientales y socioeconómicas, además de que se insiste en la rendición de cuentas, la transparencia y la legitimidad de todos los actores. Al igual que ocurre en el escenario “primero las políticas”, se incorpora el idealismo de la Comisión Brundtland para renovar el proceso de políticas ambientales en diferentes niveles, lo que incluye acciones vigorosas para instrumentar las recomendaciones y los acuerdos de la Cumbre de la Tierra, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (CMDS) y la Cumbre del Milenio. Hace hincapié en la formación de alianzas eficaces entre los sectores público y privado tanto en el contexto de proyectos como en el de gobierno, de tal manera que se garantice que todos los grupos interesados dentro del espectro del discurso sobre desarrollo y medio ambiente contribuyan de manera estratégica a la formulación y aplicación de políticas. Se reconoce que estos procesos llevan tiempo y que sus efectos probablemente ocurrirán más bien a largo plazo (Rothman, Agard *et al.*, 2007, pp. 400-401).

NACIONES UNIDAS, DEPARTAMENTO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES, DIVISIÓN DE POBLACIÓN

Perspectivas de población en el mundo: revisión de 2006 y Perspectivas de urbanización en el mundo: revisión de 2007

Cada dos años, la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas prepara proyecciones y cálculos demográficos nacionales. Desde 1988 también ha presentado datos por separado para la población urbana y la rural. Las versiones más recientes son *Perspectivas de población en el mundo: revisión de 2006* (ONU, 2007) y *Perspectivas de urbanización en el mundo: revisión de 2007* (ONU, 2008). Los datos de este último informe concuerdan con los correspondientes a la variante media en cálculos y las proyecciones para la población mundial de 2006.

Perspectivas de población en el mundo: revisión de 2006 incluye ocho variantes para las proyecciones y tres escenarios en relación con el sida, los cuales difieren en cuanto a sus hipótesis sobre fecundidad, mortalidad y migración internacional. Las tres variantes a las que se hace mayor referencia, y que presentamos en el texto principal de nuestro informe, divergen únicamente en sus hipótesis sobre fecundidad:

- Variante media: se supone que la fecundidad total en todos los países convergirá a la larga en un nivel de 1.85 hijos por mujer.
- Variante alta: se prevé una fecundidad 0.5 hijos por arriba de la variante media durante la mayor parte del periodo de proyección.

²⁹ Agradecemos especialmente a los diversos grupos encargados de realizar los modelos por facilitarnos secuencias detalladas de su aplicación que incluyen datos no presentados explícitamente en el informe publicado. Entre estos grupos figuran el Centro de Pesca de la Universidad de Columbia Británica, la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos, el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, el Centro para la Investigación de Sistemas Ambientales de la Universidad de Kassel, el Centro Frederick S. Pardee para el Estudio de Futuros Internacionales de la Universidad de Denver y el Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación del PNUMA.

- Variante baja: se pronostica que se mantendrá una fecundidad 0.5 hijos menor a la fecundidad prevista en la variante media durante la mayor parte del periodo de proyección.

En estas variantes, la mortalidad se proyecta con base en los modelos de expectativa de vida cambiante elaborados por la División de Población de las Naciones Unidas, que van arrojando menores ganancias a medida que se logra una mayor expectativa de vida. La pauta de la migración internacional en el futuro se determina de acuerdo con cálculos anteriores y tomando en cuenta la postura política de cada país con respecto a los flujos futuros de esta migración. Sin embargo, en general, los niveles proyectados de migración neta se mantienen constantes durante la mayor parte del periodo de proyección. Naciones Unidas indica que “los cálculos del porcentaje de la población que habita en zonas urbanas y el número de habitantes de las ciudades se derivaron de las estadísticas nacionales”, aunque no queda claro de dónde se derivaron las proyecciones futuras de estos porcentajes (ONU, 2008, p. 1).

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA

World Energy Outlook 2008 [“Perspectivas de energía en el mundo, 2008”]

La Agencia Internacional de Energía (AIE) es un organismo autónomo dentro del marco de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Cada año publica un informe sobre las perspectivas de energía en el mundo. Desde 1998, en los informes de los años pares se presentan nuevos conjuntos de proyecciones integrales, mientras que en los correspondientes a los años impares se abordan con detalle asuntos más específicos. Los resultados presentados en nuestro estudio se tomaron del *World Energy Outlook 2008* [“Perspectivas de energía en el mundo, 2008”], al que también se hace referencia como WEO 2008 (OCDE-AIE, 2008).

Las principales proyecciones presentadas en el WEO 2008 se relacionan con un escenario de referencia que indica “lo que pasaría si, entre otras cosas, no hubiera nuevas intervenciones del gobierno en materia de políticas energéticas además de las ya adoptadas hasta mediados de 2008” (p. 52). Nótese que entre estas políticas se incluyen algunas que todavía falta instrumentar plenamente (p. 59). El estudio comprende otros análisis relacionados con perspectivas de suministro de petróleo y gas, así como con opciones de políticas climáticas, pero que no se consideraron en el presente informe puesto que no ofrecen resultados detallados.

Las hipótesis principales del escenario de referencia se relacionan con la población, la actividad económica, los precios de los energéticos y las tecnologías relacionadas con la energía. Las hipótesis demográficas se derivan de las proyecciones más recientes de Naciones Unidas (véase la descripción antes mencionada), mientras que las hipótesis acerca del crecimiento económico se elaboran con base en información proveniente de numerosas fuentes, como el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. De manera similar, los supuestos relativos a los precios de los energéticos y la tecnología de la energía se extraen de otros análisis más pormenorizados. Todo esto se utiliza en el modelo de energía mundial (*World Energy Model*, WEM) de la AIE para generar las proyecciones presentadas en el WEO 2008.

ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE ENERGÍA DE ESTADOS UNIDOS

International Energy Outlook 2008 [“Perspectivas internacionales de energía, 2008”]

Cada año, la Administración de Información sobre Energía (*Energy Information Administration*, US EIA), órgano autónomo del Departamento de Energía de Estados Unidos dedicado a las estadísticas y los análisis, elabora un informe sobre las perspectivas internacionales de energía, el *International Energy Outlook* [“Perspectivas internacionales de energía”], que complementa su *Annual Energy Outlook* [“Perspectiva anual de energía”], centrado en Estados Unidos. Los resultados que presentamos en nuestro informe provienen del *International Energy Outlook 2008*, al que también se hace referencia como IEO 2008 (US EIA, 2008).

Las proyecciones principales del IEO 2008 se relacionan con un caso de referencia “basado en la legislación de gobiernos extranjeros y de Estados Unidos vigente al 1 de enero de 2008. Las posibles consecuencias de las leyes, las reglamentaciones y las normas, ya sean propuestas o pendientes de aplicación, no se reflejan en las proyecciones, como tampoco los efectos de leyes cuyos mecanismos de instrumentación no se han anunciado todavía” (p. ix). Además del caso de referencia, se consideran otros cuatro casos, que difieren en cuanto a las hipótesis sobre crecimiento económico y precios de los energéticos, lo que refleja la incertidumbre en estos parámetros. Dado que los resultados más detallados corresponden al caso de referencia, éste es el escenario que se ocupó en el presente informe.

Las principales hipótesis del caso de referencia tienen que ver con la población, la actividad económica, los precios de los energéticos y las tecnologías relacionadas con la energía. Las hipótesis demográficas se derivan de las proyecciones más recientes de Naciones Unidas (véase la descripción anterior) para todos los países, con excepción de Estados Unidos, cuyas hipótesis se derivan de estudios estadounidenses (p. 117). Las hipótesis sobre crecimiento económico se toman de estudios independientes (p. 106). De igual manera, los supuestos relativos a los precios y la tecnología de la energía se extraen de otros análisis más pormenorizados. Estos datos se utilizan en un conjunto de modelos a fin de generar las proyecciones presentadas en el IEO 2008.

ANEXO 2

Cuadros de datos

Los cuadros siguientes presentan las proyecciones para 2030 en los diferentes escenarios del GEO-4 y de la *Prospectiva medioambiental* de la OCDE, así como los escenarios de referencia del *World Energy Outlook 2008* (WEO 2008), de la Agencia Internacional de Energía, y el *International Energy Outlook 2008* (IEO 2008), de la Administración de Información sobre Energía de Estados Unidos.

- Escenarios del GEO-4: *primero las políticas* (PP)
primero los mercados (PM)
primero la seguridad (PSe)
primero la sustentabilidad (PSu).
- Escenarios de la OCDE: *paquete integral mundial de políticas* (ppMundial OCDE)
variante del cambio climático (450ppm OCDE).

Nota: Debido al redondeo, en algunos casos la suma de las cifras puede no corresponder exactamente al total indicado.

CUADRO A2.1: Población total (millones de personas)

	2005	Proyecciones para 2030									
		GEO-4				OCDE			DPNU		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm	Baja	Media	Alta
Canadá	32	39	38	37	38	39	39	39	37	39	42
Estados Unidos	300	362	354	347	348	363	363	363	342	366	391
México	104	127	129	130	127	130	130	130	118	128	139
AMÉRICA DEL NORTE	436	528	521	514	513	532	532	532	497	533	572

Nota: Datos normalizados conforme a los valores para 2005 de la DPNU.

CUADRO A2.2: PIB total (miles de millones de dólares estadounidenses)

	2005	Proyecciones para 2030								
		GEO-4				OCDE			IEO 2008	WEO 2008
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm		
Canadá	990	2,184	2,188	1,851	1,961	1,707	1,699	1,702	1,780	1,636
Estados Unidos	10,996	25,825	25,786	23,432	23,003	20,778	20,746	20,760	20,204	18,551
México	983	2,071	2,104	1,885	1,889	2,459	2,446	2,448	2,534	2,299
AMÉRICA DEL NORTE	12,969	30,080	30,078	27,168	26,853	24,944	24,891	24,910	24,518	22,486

Nota: Valores en dólares estadounidenses al tipo de cambio vigente en 2000, expresados con base en la paridad del poder adquisitivo (PPA). Datos normalizados de acuerdo con los valores para 2005 del informe WEO 2008.

CUADRO A2.3: PIB per cápita (miles de dólares estadounidenses)

	Proyecciones para 2030									
	2005	GEO-4				OCDE			IEO 2008	WEO 2008
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450 ppm		
Canadá	30.7	56.1	57.9	50.3	52.3	43.7	43.5	43.6	45.5	41.8
Estados Unidos	36.7	71.3	72.8	67.5	66.1	57.3	57.2	57.2	55.2	50.7
México	9.4	16.3	16.3	14.6	14.8	18.9	18.8	18.9	19.8	17.9

Nota: Valores en dólares estadounidenses al tipo de cambio vigente en 2000, expresados con base en la paridad del poder adquisitivo (PPA). Datos normalizados de acuerdo con los valores para 2005 del informe WEO 2008. Los valores de los informes IEO 2008 y WEO 2008 corresponden a los escenarios de referencia.

CUADRO A2.4: Participación por sector en el PIB total (porcentajes)

	Proyecciones para 2030				
	2005	GEO-4			
		PM	PP	PSe	PSu
Canadá					
Agricultura	2.4	1.1	1.2	1.3	1.3
Energía	7.3	4.6	4.1	5.0	4.4
TIC [†]	4.9	5.5	5.6	5.5	5.7
Manufactura	25.9	26.5	26.6	26.2	26.5
Materiales	2.2	3.3	3.2	3.0	3.2
Servicios	57.4	59.0	59.2	58.9	58.9
Estados Unidos					
Agricultura	1.6	0.8	0.9	1.0	1.1
Energía	2.2	1.3	1.2	1.3	1.1
TIC [†]	7.9	8.2	8.3	8.4	8.3
Manufactura	20.3	18.9	18.9	19.8	18.5
Materiales	1.2	1.4	1.4	1.6	1.4
Servicios	66.9	69.3	69.3	68.0	69.7
México					
Agricultura	4.4	2.2	2.5	2.6	3.1
Energía	6.7	3.8	3.5	4.1	3.2
TIC [†]	6.2	7.5	7.5	7.8	7.8
Manufactura	28.0	30.1	30.2	30.9	30.4
Materiales	2.2	3.2	3.1	3.2	3.1
Servicios	52.5	53.3	53.2	51.5	52.5

[†] TIC = tecnologías de informática y comunicación.

CUADRO A2.5: Consumo de energía primaria (petajoules)

	Proyecciones para 2030									
	2005	GEO-4				OCDE			IEO 2008	WEO 2008
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm		
Canadá										
Carbón	1,171	716	270	1,054	59	1,343	267	270	1,559	757
Petróleo	4,077	6,406	5,375	5,820	3,552	4,578	3,887	3,138	4,712	4,270
Gas natural	3,376	6,728	6,063	5,912	4,580	3,388	2,955	2,711	4,681	5,090
Energía nuclear	1,004	447	515	576	439	883	668	978	999	1,223
Energía hidroeléctrica	1,309	1,695	1,687	1,580	1,579	1,499	1,379	1,444	3,335	1,406
Biocombustibles tradicionales	488	469	404	414	310	420	367	338		496
Biocombustibles modernos	42	341	580	381	1,459	402	621	1,118		475
Energía solar y eólica	5	160	238	138	280	273	574	274		250
Total	11,472	16,963	15,132	15,874	12,258	12,785	10,717	10,272	15,287	13,966
Estados Unidos										
Carbón	23,264	28,847	19,031	36,260	8,646	34,281	16,964	14,608	31,203	26,520
Petróleo	39,893	58,659	49,517	55,848	36,200	46,006	39,331	31,929	46,483	36,903
Gas natural	21,328	41,328	39,900	34,265	30,570	23,865	21,374	26,087	22,991	21,682
Energía nuclear	8,846	3,653	4,221	4,480	3,959	7,846	9,551	8,888	6,971	10,480
Energía hidroeléctrica	981	1,269	1,250	1,178	1,176	1,125	1,040	1,083	6,736	1,086
Biocombustibles tradicionales	2,813	2,029	1,794	1,868	1,469	3,229	2,855	2,636		3,831
Biocombustibles modernos	286	1,055	1,879	895	4,778	3,316	7,389	10,660		3,934
Energía solar y eólica	483	2,118	3,776	1,300	6,652	4,700	14,879	5,887		2,982
Total	97,894	138,958	121,369	136,094	93,451	124,367	113,382	101,778	114,384	107,416
México										
Carbón	366	736	438	952	181	746	439	372	509	825
Petróleo	4,348	8,259	6,914	7,595	4,176	7,140	5,776	5,046	6,900	5,207
Gas natural	1,850	5,120	4,591	4,171	4,190	4,533	3,337	3,116	4,434	4,443
Energía nuclear	118	140	187	170	134	164	214	216	87	116
Energía hidroeléctrica	100	168	166	183	178	186	171	179	405	135
Biocombustibles tradicionales	326	542	482	511	381	405	364	331		166
Biocombustibles modernos	22	195	342	161	887	813	1,323	1,387		333
Energía solar y eólica	266	591	1,078	436	1,377	464	2,257	819		541
Total	7,395	15,750	14,198	14,180	11,505	14,450	13,882	11,467	12,336	11,766
AMÉRICA DEL NORTE										
Carbón	24,802	30,997	19,738	38,267	8,886	36,370	17,670	15,251	33,272	28,102
Petróleo	48,318	73,324	61,807	69,263	43,928	57,724	48,994	40,113	58,095	46,379
Gas natural	26,554	53,176	50,555	44,348	39,341	31,785	27,666	31,914	32,106	31,216
Energía nuclear	9,968	4,239	4,923	5,225	4,532	8,892	10,433	10,082	8,058	11,819
Energía hidroeléctrica	2,390	3,132	3,102	2,941	2,934	2,810	2,590	2,706	10,477	2,626
Biocombustibles tradicionales	3,627	3,040	2,681	2,793	2,160	4,054	3,585	3,306		4,493
Biocombustibles modernos	349	1,591	2,801	1,437	7,125	4,530	9,332	13,165		4,742
Energía solar y eólica	755	2,869	5,092	1,874	8,309	5,437	17,710	6,981		3,772
Total	116,762	171,670	150,699	166,148	117,214	151,602	137,980	123,517	142,007	133,149

Nota: Datos normalizados de acuerdo con los valores para 2005 del informe WEO 2008. Los valores de los informes IEO 2008 y WEO 2008 corresponden a los escenarios de referencia. Los datos del informe IEO 2008 sobre energía hidroeléctrica incluyen todas las energías renovables.

CUADRO A2.6: Consumo de energía primaria per cápita (gigajoules)

	Proyecciones para 2030									
	2005	GEO-4				OCDE			IEO 2008	WEO 2008
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm		
Canadá	355	436	401	432	327	327	274	263	391	357
Estados Unidos	326	384	343	392	269	343	312	280	312	293
México	71	124	110	109	90	111	107	88	96	92

Nota: Datos normalizados de acuerdo con los valores para 2005 del informe WEO 2008. Los valores de los informes IEO 2008 y WEO 2008 corresponden a los escenarios de referencia.

CUADRO A2.7: Consumo de energía primaria por unidad del PIB (megajoules)

	Proyecciones para 2030									
	2005	GEO-4				OCDE			IEO 2008	WEO 2008
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm		
Canadá	11.6	7.8	6.9	8.6	6.3	7.5	6.3	6.0	8.6	8.5
Estados Unidos	8.9	5.4	4.7	5.8	4.1	6.0	5.5	4.9	5.7	5.8
México	7.5	7.6	6.7	7.5	6.1	5.9	5.7	4.7	4.9	5.1

Nota: PIB medido en dólares estadounidenses al tipo de cambio vigente en 2000 con base en la paridad del poder adquisitivo (PPA). Datos normalizados de acuerdo con los valores para 2005 del informe WEO 2008. Los valores de los informes IEO 2008 y WEO 2008 corresponden a los escenarios de referencia.

CUADRO A2.8: Consumo final de energía por sector (petajoules)

	Proyecciones para 2030										
	2005	GEO-4				OCDE			Referencia	ppMundial	450ppm
		PM	PP	PSe	PSu						
Canadá											
Industria		2,616	3,351	2,909	2,913	2,302	2,391	2,296	2,057		
Uso residencial		1,419	2,001	1,902	1,841	1,558	1,797	1,767	1,627		
Servicios		1,310	1,964	1,801	1,801	1,426	1,654	1,632	1,388		
Transporte		2,331	3,889	3,475	3,950	2,763	3,452	3,349	2,773		
Otros		186	225	199	215	161	238	233	195		
Total		7,862	11,431	10,286	10,721	8,210	9,532	9,277	8,040		
Estados Unidos											
Industria		15,096	20,717	17,339	17,862	12,995	18,322	17,620	15,481		
Uso residencial		12,259	16,610	15,558	15,458	12,597	14,990	14,681	13,299		
Servicios		9,033	13,609	12,476	12,763	9,775	12,939	12,694	10,705		
Transporte		27,166	40,273	35,552	42,901	28,699	35,974	34,959	28,720		
Otros		658	906	794	832	580	929	903	744		
Total		64,212	92,116	81,720	89,817	64,645	83,154	80,858	68,949		
México											
Industria		1,282	2,857	2,429	2,531	1,875	2,639	2,536	2,217		
Uso residencial		815	1,602	1,497	1,428	1,172	1,021	993	879		
Servicios		156	425	407	366	297	715	698	564		
Transporte		1,608	3,636	3,221	3,492	2,276	3,473	3,367	2,689		
Otros		121	286	253	252	187	185	180	143		
Total		3,982	8,806	7,809	8,068	5,807	8,033	7,774	6,492		
AMÉRICA DEL NORTE											
Industria		18,994	26,925	22,677	23,306	17,172	23,352	22,453	19,755		
Uso residencial		14,493	20,214	18,958	18,728	15,327	17,808	17,441	15,805		
Servicios		10,499	15,998	14,685	14,930	11,498	15,308	15,024	12,657		
Transporte		31,105	47,798	42,248	50,343	33,738	42,899	41,675	34,182		
Otros		965	1,418	1,247	1,299	928	1,352	1,316	1,082		
Total		76,056	112,353	99,814	108,606	78,662	100,719	97,909	83,481		

Nota: Datos normalizados conforme a los valores para 2005 del escenario de referencia de la OCDE.

CUADRO A2.9: Consumo total de agua por sector (millones de metros cúbicos) y per cápita (metros cúbicos)

	Proyecciones para 2030							
	2005	GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá								
Agricultura	3,929	3,995	3,558	4,677	4,022	4,017	3,999	3,979
Uso residencial	5,930	6,892	5,115	8,062	4,537	6,638	6,623	6,628
Electricidad	30,279	45,077	5,604	48,944	3,314	26,543	19,465	18,892
Manufactura	6,186	10,076	9,522	10,153	9,691	6,307	6,158	6,178
Total	46,324	66,040	23,800	71,836	21,565	43,505	36,245	35,678
	(1,435)	(1,679)	(630)	(1,953)	(575)	(1,114)	(928)	(914)
Estados Unidos								
Agricultura	244,572	227,179	175,543	255,180	233,128	237,434	237,409	237,194
Uso residencial	51,866	61,190	45,678	72,098	39,708	61,221	61,197	61,208
Electricidad	211,671	279,124	55,450	323,355	37,538	234,600	190,334	187,025
Manufactura	27,570	50,967	46,901	55,011	45,835	39,136	38,899	38,902
Total	535,679	618,459	23,571	705,644	356,210	572,391	527,839	524,328
	(1,787)	(1,708)	(914)	(2,034)	(1,024)	(1,577)	(1,455)	(1,445)
México								
Agricultura	35,767	37,073	33,301	54,912	44,819	29,753	29,767	29,721
Uso residencial	4,996	12,797	9,941	13,321	6,493	17,516	17,345	17,373
Electricidad	16,077	39,632	16,943	42,560	11,571	34,501	26,879	24,763
Manufactura	287	667	635	697	486	582	573	574
Total	57,127	90,169	60,820	111,490	63,369	82,352	74,563	72,431
	(458)	(711)	(472)	(861)	(498)	(635)	(575)	(558)
AMÉRICA DEL NORTE								
Agricultura	284,268	268,247	212,402	314,769	281,970	271,204	271,175	270,895
Uso residencial	62,792	80,878	60,734	93,481	50,739	85,375	85,166	85,209
Electricidad	258,027	363,833	77,997	414,859	52,423	295,644	236,678	230,680
Manufactura	34,043	61,710	57,058	65,861	56,012	46,025	45,629	45,654
Total	639,130	774,668	408,191	888,970	441,144	698,248	638,648	632,438

Nota: Datos normalizados conforme a los valores para 2005 del escenario de referencia de la OCDE. Los valores per cápita se muestran entre paréntesis.

CUADRO A2.10: Producción agropecuaria (miles de toneladas)

	Proyecciones para 2030				
	2000	GEO-4			
		PM	PP	PSe	PSu
Canadá					
Productos pecuarios	12,098	20,774	19,916	19,329	20,650
Productos agrícolas	77,950	125,547	121,839	127,933	133,958
Total	90,048	146,321	141,755	147,262	154,608
Estados Unidos					
Productos pecuarios	112,282	190,990	186,630	182,645	194,750
Productos agrícolas	727,446	1,200,466	1,169,469	1,112,784	1,232,444
Total	839,728	1,391,456	1,356,099	1,295,429	1,427,194
México					
Productos pecuarios	13,740	30,164	32,394	29,234	31,007
Productos agrícolas	131,490	257,458	256,543	235,851	267,770
Total	145,230	287,622	288,937	265,085	298,777
AMÉRICA DEL NORTE					
Productos pecuarios	138,120	241,928	238,940	231,208	246,407
Productos de origen no animal	936,886	1,583,471	1,547,851	1,476,568	1,634,172
Total	1,075,006	1,825,399	1,786,791	1,707,776	1,880,579

CUADRO A2.11: Demanda de productos agropecuarios (miles de toneladas)

	Proyecciones para 2030				
	2000	GEO-4			
		PM	PP	PSe	PSu
Canadá					
Productos pecuarios	11,310	16,236	16,419	14,908	15,713
Productos agrícolas	63,332	98,293	96,916	90,318	95,752
Total	74,642	114,529	113,335	105,226	111,465
Estados Unidos					
Productos pecuarios	109,502	161,724	163,209	148,779	152,204
Productos agrícolas	635,014	958,790	944,833	915,014	928,385
Total	744,516	1,120,514	1,108,042	1,063,793	1,080,589
México					
Productos pecuarios	15,731	27,033	28,815	24,861	27,183
Productos agrícolas	105,817	187,772	192,902	169,029	183,137
Total	121,548	214,805	221,717	193,890	210,320
AMÉRICA DEL NORTE					
Productos pecuarios	136,543	204,993	208,443	188,548	195,100
Productos agrícolas	804,163	1,244,855	1,234,651	1,174,361	1,207,274
Total	940,706	1,449,848	1,443,094	1,362,909	1,402,374

CUADRO A2.12: Demanda total de productos agropecuarios (kilogramos por año) y disponibilidad de alimentos (kilocalorías por día), per cápita

	2000	Proyecciones para 2030			
		GEO-4			
		PM	PP	PSe	PSu
Canadá					
Demanda total (productos agrícolas y pecuarios)	2,426	2,941	3,001	2,861	2,970
Disponibilidad de alimentos	3,610	4,077	4,114	3,828	4,083
Estados Unidos					
Demanda total (productos agrícolas y pecuarios)	2,612	3,095	3,129	3,066	3,106
Disponibilidad de alimentos	3,802	4,448	4,487	4,198	4,419
México					
Demanda total (productos agrícolas y pecuarios)	1,229	1,693	1,722	1,497	1,653
Disponibilidad de alimentos	3,173	3,779	3,735	3,333	3,708

CUADRO A2.13: Producción de ciertos productos madereros (miles de metros cúbicos)

	2000	Proyecciones para 2030			
		GEO-4			
		PM	PP	PSe	PSu
Canadá	199,285	387,419	395,052	328,606	356,366
Estados Unidos	542,672	1,006,393	995,730	905,434	920,718
México	33,282	31,480	30,629	30,329	31,079
AMÉRICA DEL NORTE	775,239	1,425,292	1,421,411	1,264,369	1,308,163

CUADRO A2.14: Desembarques pesqueros por región marina (toneladas)

	2000	Proyecciones para 2030				
		GEO-4				OCDE
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia
FAO 21: Atlántico noroeste	45,214,710	29,160,437	28,813,609	29,677,933	20,585,983	22,204,592
FAO 31: Atlántico centro-oeste	30,113,839	32,565,967	33,768,594	31,570,750	23,327,667	31,785,157
FAO 67: Pacífico noreste	41,078,411	74,546,821	74,065,241	72,963,461	59,553,825	74,934,509
FAO 77: Pacífico centro-este	41,871,201	49,983,896	50,340,469	54,803,132	53,361,712	56,201,079
Total	158,278,161	186,257,121	186,987,913	189,015,276	156,829,187	185,125,337

Cuadro A2.15: Emisiones totales de gases de efecto invernadero por usos de energía y suelo y por procesos industriales (petagramos de carbono) y per cápita (megagramos de carbono)

	Proyecciones para 2030							
	2005	GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá								
Uso de energía	0.170	0.247	0.199	0.250	0.123	0.182	0.118	0.095
Procesos industriales	0.012	0.016	0.014	0.011	0.009	0.010	0.010	0.009
Uso del suelo	0.022	0.052	0.056	0.054	0.050	0.048	0.034	0.027
Total	0.204	0.311	0.263	0.311	0.173	0.240	0.163	0.132
	(6.34)	(9.59)	(8.11)	(9.61)	(4.45)	(6.38)	(4.46)	(3.54)
Estados Unidos								
Uso de energía	1.877	2.504	1.996	2.670	1.249	2.338	1.647	1.412
Procesos industriales	0.085	0.130	0.104	0.105	0.073	0.105	0.098	0.091
Uso del suelo	0.224	0.316	0.240	0.269	0.229	0.282	0.167	0.152
Total	2.186	2.947	2.340	3.039	1.550	2.725	1.913	1.655
	(7.48)	(10.07)	(8.00)	(10.39)	(4.39)	(7.70)	(5.52)	(4.76)
México								
Uso de energía	0.110	0.228	0.180	0.211	0.113	0.194	0.155	0.122
Procesos industriales	0.008	0.015	0.011	0.013	0.008	0.012	0.011	0.009
Uso del suelo	0.068	0.060	0.093	0.060	0.065	0.050	0.046	0.042
Total	0.186	0.281	0.279	0.260	0.184	0.256	0.212	0.171
	(1.78)	(2.74)	(2.72)	(2.54)	(1.45)	(1.95)	(1.61)	(1.32)
AMÉRICA DEL NORTE								
Uso de energía	2.157	2.981	2.376	3.133	1.486	2.714	1.921	1.632
Procesos industriales	0.105	0.160	0.130	0.128	0.089	0.127	0.119	0.109
Uso del suelo	0.314	0.404	0.390	0.365	0.330	0.380	0.249	0.220
Total	2.576	3.544	2.899	3.609	1.920	3.221	2.289	1.960

Nota: Datos normalizados conforme a los valores para 2005 del escenario de referencia de la OCDE. Los valores per cápita se muestran entre paréntesis.

CUADRO A2.16: Emisiones de NO_x por uso de energía y procesos industriales (teragramos de nitrógeno) y per cápita (megagramos de nitrógeno)

	Proyecciones para 2030							
	2005	GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá								
Uso de energía	0.561	0.478	0.404	0.640	0.257	0.317	0.115	0.237
Procesos industriales	0.018	0.022	0.020	0.020	0.018	0.014	0.013	0.014
Total	0.579	0.500	0.424	0.660	0.276	0.331	0.128	0.251
	(17.94)	(12.84)	(11.22)	(17.94)	(7.35)	(8.49)	(3.27)	(6.42)
Estados Unidos								
Uso de energía	5.278	4.375	3.682	6.128	2.308	3.406	1.170	2.565
Procesos industriales	0.125	0.157	0.144	0.145	0.125	0.122	0.109	0.117
Total	5.403	4.532	3.827	6.273	2.433	3.528	1.279	2.682
	(18.02)	(12.52)	(10.81)	(18.08)	(6.99)	(9.72)	(3.53)	(7.39)
México								
Uso de energía	0.429	0.552	0.472	0.531	0.248	0.292	0.135	0.230
Procesos industriales	0.034	0.050	0.047	0.050	0.043	0.042	0.041	0.042
Total	0.463	0.602	0.518	0.581	0.291	0.335	0.176	0.272
	(4.45)	(4.74)	(4.03)	(4.49)	(2.28)	(2.58)	(1.35)	(2.09)
AMÉRICA DEL NORTE								
Uso de energía	6.268	5.405	4.558	7.299	2.813	4.016	1.420	3.032
Procesos industriales	0.178	0.229	0.211	0.215	0.186	0.178	0.163	0.173
Total	6.446	5.634	4.769	7.514	2.999	4.194	1.583	3.205

Nota: Datos normalizados conforme a los valores para 2005 del escenario de referencia de la OCDE. Los valores per cápita se muestran entre paréntesis. Hay diferencias entre los datos del modelo IMAGE y los procedentes de los conjuntos de datos nacionales.

CUADRO A2.17: Emisiones de SO_x por uso de energía y procesos industriales (teragramos de azufre) y per cápita (megagramos de azufre)

	Proyecciones para 2030							
	2005	GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá								
Uso de energía	0.853	0.343	0.220	0.411	0.075	0.374	0.058	0.189
Procesos industriales	0.122	0.053	0.046	0.062	0.032	0.043	0.030	0.037
Total	0.974	0.396	0.266	0.473	0.108	0.417	0.089	0.224
	(30.20)	(10.17)	(7.04)	(12.86)	(2.87)	(10.67)	(2.27)	(5.74)
Estados Unidos								
Uso de energía	5.481	1.397	0.992	2.147	0.521	5.923	1.221	3.472
Procesos industriales	0.177	0.081	0.070	0.097	0.049	0.117	0.110	0.111
Total	5.658	1.479	1.062	2.245	0.570	6.040	1.331	3.583
	(18.87)	(4.08)	(3.00)	(6.47)	(1.64)	(16.65)	(3.67)	(9.87)
México								
Uso de energía	0.818	0.707	0.526	0.807	0.179	0.402	0.101	0.263
Procesos industriales	0.467	0.758	0.641	0.803	0.396	0.149	0.061	0.130
Total	1.284	1.465	1.167	1.610	0.576	0.552	0.162	0.393
	(12.32)	(11.55)	(9.06)	(12.43)	(4.52)	(4.25)	(1.25)	(3.03)
AMÉRICA DEL NORTE								
Uso de energía	7.151	2.447	1.738	3.366	0.775	6.700	1.381	3.922
Procesos industriales	0.765	0.892	0.756	0.962	0.478	0.309	0.202	0.278
Total	7.916	3.339	2.495	4.328	1.253	7.009	1.583	4.200

Nota: Datos normalizados conforme a los valores para 2005 del escenario de referencia de la OCDE. Los valores per cápita se muestran entre paréntesis.

CUADRO A2.18: Descargas de agua tratada y no tratada, por sector (millones de metros cúbicos)

	Condición del agua	2000	Proyecciones para 2030			
			GEO-4			
			PM	PP	PSe	PSu
Canadá						
Residencial	No tratada	93	118	88	338	78
	Tratada	4,575	5,781	4,291	6,563	3,806
Manufacturero	No tratada	3,187	5,318	3,382	5,473	3,827
	Tratada	2,307	3,851	5,283	3,766	4,993
Total	No tratada	3,280	5,436	3,470	5,811	3,904
	Tratada	6,882	9,633	9,574	10,328	8,798
Estados Unidos						
Residencial	No tratada	2,374	1,093	816	5,214	709
	Tratada	42,410	53,537	39,966	59,155	34,743
Manufacturero	No tratada	7,059	13,218	854	15,326	1,514
	Tratada	17,709	33,161	41,826	34,735	40,196
Total	No tratada	9,433	14,311	1,669	20,540	2,223
	Tratada	60,120	86,699	81,792	93,890	74,939
México						
Residencial	No tratada	5,449	12,079	9,383	14,783	5,833
	Tratada	2,183	7,577	5,886	5,679	4,141
Manufacturero	No tratada	112	250	224	263	168
	Tratada	19	43	56	44	46
Total	No tratada	5,561	12,329	9,607	15,046	6,001
	Tratada	2,202	7,621	5,942	5,723	4,187
AMÉRICA DEL NORTE						
Residencial	No tratada	7,916	13,290	10,287	20,335	6,620
	Tratada	49,168	66,896	50,143	71,397	42,689
Manufacturero	No tratada	10,358	18,787	4,460	21,062	5,508
	Tratada	20,036	37,056	47,165	38,544	45,235
Total	No tratada	18,273	32,076	14,746	41,397	12,128
	Tratada	69,204	103,952	97,308	109,941	87,924

CUADRO A2.19: Descargas y flujo de nitrógeno en ríos, por fuente (miles de kilogramos)

	2000	Proyecciones para 2030	
		OCDE	
		Referencia	ppMundial
Canadá			
Fuentes difusas agrícolas y ganaderas	185	345	271
Aguas residuales	46	47	27
Total	231	392	298
Estados Unidos			
Fuentes difusas agrícolas y ganaderas	1,526	1,362	1,032
Aguas residuales	424	485	299
Total	1,950	1,847	1,330
México			
Fuentes difusas agrícolas y ganaderas	170	112	156
Aguas residuales	166	238	200
Total	336	350	356
AMÉRICA DEL NORTE			
Fuentes difusas agrícolas y ganaderas	1,881	1,819	1,458
Aguas residuales	636	770	525
Total	2,517	2,589	1,984

CUADRO A2.20: Área forestal (kilómetros cuadrados)

	2000	Proyección de cambios para 2030						
		GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá*								
Bosque maduro	5,686,715	-94,852	-14,063	-39,157	-6,350	-89,885	-46,379	-15,919
Bosque secundario	178,187	138,024	121,181	76,840	92,543	30,499	71,075	97,969
Total	5,864,902	43,173	107,119	37,683	86,193	-59,386	24,696	82,050
Estados Unidos								
Bosque maduro	2,597,172	-46,667	-125,185	-179,028	-120,964	-95,557	-17,579	-33,077
Bosque secundario	325,850	217,438	188,766	200,346	110,861	78,980	126,962	45,261
Total	2,923,022	170,771	63,581	21,318	-10,103	-16,577	109,383	12,184
México								
Bosque maduro	427,310	-169,854	-246,287	-170,998	-190,646	-38,256	-42,370	-39,650
Bosque secundario	17,408	-4,790	-9,417	-1,024	-1,416	-188	110	-6,028
Total	444,718	-174,644	-255,704	-172,021	-192,062	-38,444	-42,261	-45,678
AMÉRICA DEL NORTE								
Bosque maduro	8,711,197	-311,372	-385,535	-389,183	-317,960	-223,698	-106,328	-88,646
Bosque secundario	521,445	350,672	300,530	276,162	201,987	109,291	198,146	137,202
Total	9,232,642	39,300	-85,005	-113,021	-115,973	-114,407	91,818	48,556

Nota: Datos normalizados conforme a los valores del escenario de referencia de la OCDE. En "bosque secundario" se incluye el crecimiento en tierras abandonadas y terrenos madereros.

* Los datos y las categorías sobre cobertura de suelo difieren entre la información del modelo IMAGE y los datos nacionales. Por ejemplo, de acuerdo con IMAGE, el área forestal correspondiente a Canadá en 2000 era 165 millones de hectáreas mayor que la extensión de bosques y otros terrenos forestales indicada en los conjuntos de datos canadienses (402 millones de hectáreas).

CUADRO A2.21: Área agrícola (kilómetros cuadrados)

	Proyección de cambios para 2030							
	2000	GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá								
Cultivos alimentarios	522,299	-46,925	-11,194	60,799	10,073	162,833	61,609	16,133
Pastizales y forraje	149,355	9,493	12,307	16,998	21,408	23,977	6,761	-3,787
Biocombustibles	0	0	0	0	4,072	7,657	22,069	26,110
Total	671,654	-37,432	1,113	77,798	35,553	194,467	90,439	38,456
Estados Unidos								
Cultivos alimentarios	1,792,543	-176,110	-52,629	19,987	-60,743	226,365	11,198	9,188
Pastizales y forraje	2,289,263	115,679	150,405	121,006	218,101	-77,004	-121,089	-106,965
Biocombustibles	0	0	0	0	39,394	1,193	20,843	94,070
Total	4,081,806	-60,431	97,776	140,993	196,752	150,554	-89,048	-3,707
México								
Cultivos alimentarios	274,255	11,381	16,725	19,846	14,135	30,746	14,477	-1,870
Pastizales y forraje	787,793	269,178	391,225	244,964	294,068	7,189	4,802	-7,492
Biocombustibles	8,265	220	5,942	-2,683	18,688	26,232	54,557	72,183
Total	1,070,313	280,779	413,892	262,127	326,891	64,167	73,836	62,821
AMÉRICA DEL NORTE								
Cultivos alimentarios	2,589,097	-211,654	-47,098	100,633	-36,535	419,944	87,284	23,451
Pastizales y forraje	3,226,411	394,350	553,937	382,968	533,577	-45,838	-109,526	-118,244
Biocombustibles	8,265	220	5,942	-2,683	62,154	35,082	97,469	192,363
Total	5,823,773	182,916	512,781	480,918	559,196	409,188	75,227	97,570

CUADRO A2.22: Área agrícola en alto riesgo de erosión del suelo a causa del agua (millones de kilómetros cuadrados)

	Proyecciones para 2030							
	2000	GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá	3.25	2.92	3.18	3.96	3.14	4.83	4.31	3.64
Estados Unidos	28.21	27.57	29.38	30.60	28.71	33.60	30.65	29.11
México	8.00	10.12	11.06	10.15	10.27	9.17	9.26	9.06
AMÉRICA DEL NORTE	39.47	40.61	43.62	44.70	42.13	47.61	44.22	41.81

Nota: Datos normalizados conforme al escenario de referencia de la OCDE de 2000.

CUADRO A2.23: Concentración media anual de partículas suspendidas (microgramos por metro cúbico) y ozono troposférico (partes por mil millones) en zonas urbanas

	2000	Proyecciones para 2030	
		OCDE	
		Referencia	ppMundial
Canadá			
Partículas suspendidas (PM ₁₀) (µg/m ³)	21.4	11.4	5.9
Ozono (ppmm)	34.8	35.7	
Estados Unidos			
Partículas suspendidas (PM ₁₀) (µg/m ³)	25.8	18.8	9.3
Ozono (ppmm)	40.2	41.3	
México			
Partículas suspendidas (PM ₁₀) (µg/m ³)	47.1	25.4	15.1
Ozono (ppmm)	42.5	42.3	
AMÉRICA DEL NORTE (promedios ponderados)			
Partículas suspendidas (PM ₁₀) (µg/m ³)	29.6	19.5	10.2
Ozono (ppmm)	40.2	41.0	

Nota: Promedios ponderados por población en zonas urbanas con más de 100,000 habitantes.

CUADRO A2.24: Población urbana de América del Norte expuesta a distintos niveles de partículas suspendidas y ozono troposférico (porcentajes)

	2000	Proyecciones para 2030	
		OCDE	
		Referencia	ppMundial
Partículas suspendidas (PM₁₀)			
<20 µg por metro cúbico	22	76	93
20 a 30 µg por metro cúbico	51	9	7
30 a 50 µg por metro cúbico	13	15	0
50 a 70 µg por metro cúbico	7	0	0
>70 µg por metro cúbico	7	0	0
Ozono (O₃)			
<2 µg por metro cúbico	4	1	
2 a 4 µg por metro cúbico	14	12	
4 a 6 µg por metro cúbico	51	57	
6 a 8 µg por metro cúbico	31	30	

Nota: Porcentajes de población en zonas urbanas con más de 100,000 habitantes.

CUADRO A2.25: Disminución en la abundancia promedio de especies terrestres por factor de cambio (porcentajes)

	Disminución histórica respecto del estado "natural" al año 2000	Proyección de cambios de 2000 a 2030						
		GEO-4				OCDE		
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial	450ppm
Canadá								
Agricultura	5.9	-0.5	-0.1	0.5	0.1	1.4	0.5	0.1
Cambio climático	1.5	2.1	2.1	2.0	2.3	1.7	1.6	1.5
Infraestructura	2.3	1.5	0.4	0.4	0.3	1.2	1.3	1.4
Otros	2.1	1.5	1.4	1.3	1.3	0.6	0.7	0.8
Total	11.9	4.6	3.7	4.2	4.0	4.8	4.1	3.8
Estados Unidos								
Agricultura	23.3	-1.7	-0.3	0.1	0.0	1.5	-0.4	-0.4
Cambio climático	1.7	2.5	2.4	2.3	2.7	1.9	1.9	1.7
Infraestructura	7.6	3.0	0.6	0.9	0.5	2.4	2.9	2.7
Otros	5.1	1.1	0.8	2.9	-0.1	0.3	0.2	0.8
Total	37.6	4.9	3.5	6.2	3.1	6.0	4.6	4.8
México								
Agricultura	18.9	3.5	4.3	3.5	4.8	2.1	1.8	1.7
Cambio climático	2.1	2.8	2.7	2.8	3.0	2.3	2.1	1.9
Infraestructura	9.6	3.8	0.1	1.3	-0.1	3.4	3.2	3.2
Otros	3.5	-0.2	0.0	0.1	-0.1	0.8	1.6	1.8
Total	34.1	10.0	7.1	7.7	7.6	8.6	8.7	8.5
AMÉRICA DEL NORTE (promedios ponderados)								
Agricultura	14.9	-0.6	0.2	0.6	0.5	1.5	0.2	0.0
Cambio climático	1.7	2.4	2.3	2.2	2.5	1.9	1.8	1.6
Infraestructura	5.4	2.4	0.5	0.7	0.4	1.9	2.2	2.1
Otros	3.6	1.3	1.1	2.0	0.7	0.5	0.6	0.9
Total	25.5	5.4	4.0	5.5	4.0	5.7	4.7	4.7

Nota: Datos normalizados conforme al escenario de referencia de la OCDE de 2000.

CUADRO A2.26: Cambios en el índice de agotamiento de especies marinas, calculado a partir de niveles históricos

	2000	Proyecciones para 2030				
		GEO-4				OCDE
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia
FAO 21: Atlántico noroeste	-47.10	-49.30	-49.20	-49.40	-42.20	-33.80
FAO 31: Atlántico centro-oeste	-17.62	-23.43	-23.90	-22.35	-15.70	-22.60
FAO 67: Pacífico noreste	-36.40	-42.40	-41.80	-40.70	-28.00	-43.00
FAO 77: Pacífico centro-este	-19.60	-29.90	-29.90	-29.90	-29.80	-29.90

Nota: Las variaciones positivas indican una disminución del riesgo de agotamiento y las variaciones negativas, un incremento en dicho riesgo.

CUADRO A2.27: Estrés hídrico (millones de personas afectadas y porcentaje de la población total)

	Proyecciones para 2030						
	2005	GEO-4				OCDE	
		PM	PP	PSe	PSu	Referencia	ppMundial
Canadá	3.3 (10.2%)	3.9 (10.0%)	0.1 (0.3%)	3.6 (9.8%)	0.1 (0.3%)	4.0 (10.2%)	0.2 (0.5%)
Estados Unidos	114.4 (38.2%)	150.7 (41.6%)	109.8 (31.0%)	161.1 (46.4%)	108.2 (31.1%)	129.9 (35.8%)	125.6 (34.6%)
México	56.2 (53.9%)	73.9 (58.2%)	71.9 (55.9%)	77.6 (59.9%)	68.7 (54.0%)	71.7 (55.2%)	70.3 (54.2%)
AMÉRICA DEL NORTE (promedios ponderados)	173.9 (39.9%)	228.5 (43.3%)	181.8 (34.9%)	242.3 (47.2%)	176.9 (34.5%)	205.6 (38.7%)	196.1 (36.9%)

Nota: Datos normalizados conforme al escenario de referencia de la OCDE de 2005.

CUADRO A2.28: Efectos de la contaminación atmosférica en la salud (mortalidad y morbilidad)

	Proyecciones para 2030		
	2000	OCDE	
		Referencia	ppMundial
Canadá			
Mortalidad por PM ₁₀	58	0	0
Morbilidad por PM ₁₀	418	0	0
Mortalidad por ozono	11	49	
Morbilidad por ozono	76	615	
Estados Unidos			
Mortalidad por PM ₁₀	121	58	6
Morbilidad por PM ₁₀	926	379	37
Mortalidad por ozono	28	85	
Morbilidad por ozono	213	997	
México			
Mortalidad por PM ₁₀	106	70	17
Morbilidad por PM ₁₀	1135	575	143
Mortalidad por ozono	9	51	
Morbilidad por ozono	97	801	
AMÉRICA DEL NORTE (promedios ponderados)			
Mortalidad por PM ₁₀	113	56	8
Morbilidad por PM ₁₀	924	388	56
Mortalidad por ozono	23	75	
Morbilidad por ozono	179	926	

Nota: Los valores de mortalidad se refieren a las defunciones por cada millón de habitantes en zonas urbanas. Los valores de morbilidad se refieren a años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) perdidos por cada millón de habitantes en zonas urbanas.



Comisión para la Cooperación Ambiental
393 rue St-Jacques Ouest
Montreal (Quebec), Canadá H2Y 1N9
t 514.350.4300 f 514.350.4314
info@cec.org | www.cec.org

