

PNUMA, Angelo Dotto, Italia, Still Pictures

Atmósfera

Panorama mundial

Durante los tres últimos decenios, las emisiones antropógenas de compuestos químicos a la atmósfera han causado muchos problemas ambientales y de salud. Algunas sustancias químicas, como los clorofluorocarbonos (CFC), se producen de manera voluntaria pero se escapan de los equipos o mercancías por accidente y terminan en la atmósfera. Otras, como el dióxido de azufre (SO_2) y el monóxido de carbono (CO), son subproductos inevitables de la quema de combustibles fósiles. La contaminación del aire urbano, la lluvia ácida, la contaminación causada por sustancias químicas tóxicas (algunas de las cuales son persistentes y pueden ser transportadas a través de grandes distancias), el agotamiento de la capa de ozono estratosférico y los cambios del sistema climático mundial son problemas ambientales importantes que amenazan los ecosistemas y el bienestar de los seres humanos.

Contaminación atmosférica y calidad del aire

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha dado una lista de seis contaminantes atmosféricos «clásicos»: CO; plomo; dióxido de nitrógeno (NO_2); partículas en suspensión (SPM), con inclusión de polvo, gases, neblinas y humos; SO_2 ; y ozono troposférico (O_3) (WHO 1999).

La quema de combustibles fósiles y de biomasa es la fuente más importante de contaminantes atmosféricos tales como el SO_2 , el CO, ciertos óxidos nitrosos como el NO y el NO_2 (conocidos colectivamente como NO_x), las SPM, los compuestos orgánicos volátiles (COV) y algunos metales pesados. Es también la principal fuente antropógena de dióxido de carbono (CO_2), que es uno de los gases de efecto invernadero más importantes. Entre 1973 y 1998, el suministro total de energía aumentó en un 57 por ciento (véase el diagrama), la mayor parte de la cual provino del petróleo, el gas natural y el carbón, ya que la energía nuclear, hidroeléctrica o proveniente de otras fuentes renovables tuvo sólo un papel menor (IEA 2000). Los combustibles utilizados varían de región a región; por ejemplo, el gas natural predomina en la Federación de Rusia, mientras que el carbón provee el 73 por ciento de la energía que se consume en China (BP Amoco 2000). La biomasa es una fuente importante de energía en el mundo en desarrollo y es también la fuente principal de contaminación del aire en locales cerrados en esos países (Holdren y Smith 2000).

Las deposiciones ácidas han sido una de las mayores preocupaciones ambientales durante los últimos decenios, especialmente en Europa y América del Norte (Rodhe y otros 1995), y más recientemente también en China (Seip y otros 1999). El daño considerable que causaban a los

bosques en Europa se transformó en una cuestión de la más alta prioridad ambiental alrededor de 1980, mientras miles de lagos en Escandinavia perdieron poblaciones de peces debido a la acidificación que se produjo entre los años 1950 y 1980. En algunas partes de Europa las emisiones antropogénicas de SO₂, que son causa de deposiciones ácidas, se han reducido en casi un 70 por ciento con respecto a sus niveles máximos (EEA 2001); también se han registrado reducciones de aproximadamente el 40 por ciento en Estados Unidos (US EPA 2000). Esto ha dado como resultado una recuperación apreciable del equilibrio natural de ácido, al menos en Europa. Por el contrario, el uso creciente del carbón y de otros combustibles de alto contenido de azufre ha causado un aumento de las emisiones de SO₂ en la región de Asia y el Pacífico, lo que constituye una seria amenaza ambiental (UNEP 1999).

Las emisiones de contaminantes atmosféricos han disminuido o se han estabilizado en la mayoría de los países industrializados, debido en gran parte a las políticas de reducción establecidas e implementadas desde los años setenta. Los gobiernos trataron inicialmente de aplicar instrumentos de control directo, pero éstos no siempre fueron eficaces en función de los costos. En los años 1980 las políticas se orientaron hacia mecanismos de reducción de la contaminación más eficaces en función de los costos, basados en un compromiso entre el costo de las medidas de protección del medio ambiente y el crecimiento económico. El principio de quien contamina paga se transformó en un concepto básico de la planificación de políticas ambientales.

La elaboración de políticas más recientes, tanto en el nivel nacional como regional, se basa en instrumentos económicos y normativos, así como en la mejora y transferencia de tecnologías que permiten intensificar la reducción de emisiones. En el plano internacional, uno de los acontecimientos más importantes en materia de elaboración de políticas fue la adopción, en 1979, del Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (CLRTAP). Mediante una serie de protocolos que establecen objetivos de reducción respecto de los principales contaminantes atmosféricos, este tratado ha sido el catalizador de las medidas tomadas por los gobiernos de Europa, Canadá y Estados Unidos para implementar sus políticas nacionales de reducción de emisiones (UNECE 1995). El más reciente es el Protocolo para reducir la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico de 1999, que establece nuevas metas de reducción para emisiones de SO₂, NO_x, VOC y amoníaco (NH₃) (UNECE 2000).

La reglamentación ambiental más estricta de los países industriales ha llevado a la introducción de tecnologías más limpias y a mejoras tecnológicas, especialmente en los sectores de la generación de energía y del trans-

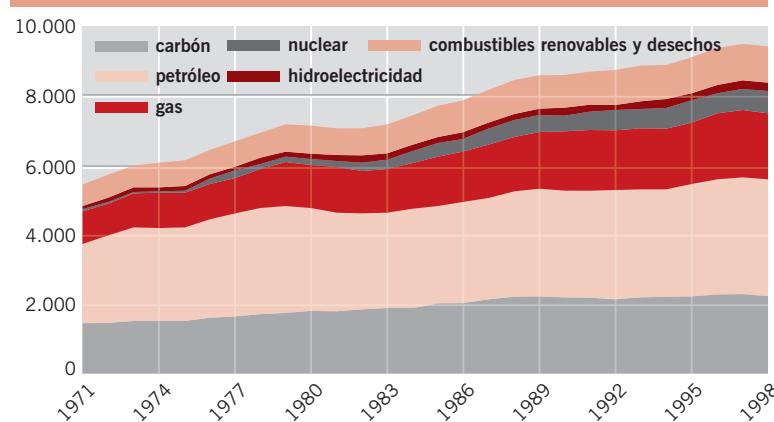
Efectos de la contaminación atmosférica

La emisión de sustancias nocivas a la atmósfera afecta tanto la salud humana como los ecosistemas. Se considera que la contaminación del aire libre y de locales cerrados es responsable de casi el 5 por ciento de la carga mundial de enfermedades. La contaminación atmosférica agrava, y posiblemente causa, el asma y otras enfermedades alérgicas respiratorias. Los resultados negativos de los embarazos, como el alumbramiento de bebés muertos o el bajo peso del recién nacido, también han sido relacionados con la contaminación atmosférica (Holdren y Smith 2000). Se ha calculado que aproximadamente 1,9 millones de personas mueren anualmente en los países en desarrollo como consecuencia de haber estado expuestas a altas concentraciones de partículas en suspensión (SPM) en el aire de locales cerrados de zonas rurales, mientras que la mortalidad causada por los niveles de concentración de SPM y de SO₂ en el aire libre asciende a 500 000 personas por año. Hay cada vez más pruebas de que las partículas de un diámetro aerodinámico medio menor de 2,5 μm (PM_{2,5}) afectan la salud humana de manera significativa (WHO 1999).

Las deposiciones ácidas son una de las causas de la acidificación del suelo y del agua, lo que a su vez lleva a la disminución de las poblaciones de peces, a una menor diversidad en los lagos sensibles al ácido, y a la degradación de bosques y suelos. El exceso de nitrógeno (bajo la forma de nitrato o de amoníaco) promueve la eutrofización, especialmente en las zonas costeras. La lluvia ácida daña a los ecosistemas, provoca defoliación, corrosión de monumentos y edificios históricos y reduce los rendimientos agrícolas.

porte. En este último se ha logrado una reducción importante de las emisiones nocivas gracias a la mejora del ciclo de combustión de los motores, a la mayor eficiencia en la utilización del combustible, y a la introducción generalizada de convertidores catalíticos (Holdren y Smith 2000). Las emisiones de plomo provenientes de

Suministro mundial de energía, por combustible (equivalente en millones de toneladas de petróleo por año)



aditivos en la gasolina se han reducido hoy a cero en muchos países industrializados (EEA 1999, US EPA 2000). En los países en desarrollo, sin embargo, las fuentes de las emisiones son más variadas e incluyen las altamente contaminantes centrales eléctricas, la industria pesada, los vehículos y la combustión doméstica de carbón, carbón de leña y biomasa. Aunque la emisión de contaminantes se puede reducir de manera importante a un costo menor, pocos son los países en desarrollo que han hecho inversiones en medidas de reducción de la contaminación, a pesar de que los beneficios que resultan de

En el suministro mundial de energía todavía predominan los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas).

Fuente: IEA 2000.

tales medidas para el medio ambiente y para la salud son evidentes (Holdren y Smith 2000, World Bank 1997).

Aunque ya se han logrado progresos mensurables en la reducción de emisiones industriales, al menos en los países desarrollados, el transporte se ha transformado en muchos países en una de las mayores fuentes de contaminación atmosférica, especialmente de NO_x y de muchos otros compuestos de carbono. Altas concentraciones de estos compuestos en la atmósfera urbana pueden, dadas ciertas condiciones climáticas, causar una niebla fotoquímica que afecta gravemente a la salud humana. En muchos centros urbanos y zonas circundantes se agrega el problema de las altas concentraciones de ozono troposférico (O_3). El ozono troposférico antropógeno puede producirse por reacciones entre los NO_x y los VOC en días templados y soleados, especialmente en zonas y regiones urbanas e industriales propensas a tener masas de aire estancadas. Las implicaciones de esto pueden llegar muy lejos, ya que se ha constatado que las moléculas de O_3 pueden desplazarse a distancias de hasta 800 km de la fuente de emisión (CEC 1997). La concentración de ozono troposférico O_3 en varias zonas de Europa y en algunas de América del Norte es tan alta que no sólo la salud humana se ve amenazada sino también la vegetación. Por ejemplo, se ha calculado que en Estados Unidos el costo de la reducción de los rendimientos agrícolas y de bosques comerciales causada por el ozono a nivel del suelo asciende a más de 500 millones de dólares por año (US EPA 2000).

La contaminación atmosférica urbana es uno de los problemas ambientales más importantes. Las concentraciones de SO_2 y de SPM han disminuido de manera substancial en la mayoría de las ciudades europeas y norteamericanas durante los últimos años (Fenger 1999, US EPA 2000). En cambio, la urbanización rápida ha provocado una creciente contaminación atmosférica en muchas ciudades de los países en desarrollo (Fenger 1999), en los que a menudo no se observan las directrices de la OMS en materia de calidad del aire, y donde predominan altos niveles de SPM en megalópolis como Beijing, Calcuta, Ciudad de México y Río de Janeiro (World Bank 2001).

Por último, otra cuestión que preocupa mundialmente es la de los contaminantes orgánicos persistentes (COP). Se sabe que estas sustancias se degradan lentamente y que pueden recorrer grandes distancias a través de la atmósfera (véase la ilustración). Se han encontrado altas concentraciones de algunos COP en regiones polares (Schindler 1999, Masclet y otros 2000, Espeland y otros 1997), lo cual puede tener consecuencias ambientales importantes en la región. Estos compuestos pueden también acumularse en los tejidos adiposos de los animales y comportan así un riesgo para la salud. El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes,

Migración de contaminantes orgánicos persistentes



Contaminantes orgánicos que se extienden mediante diferentes mecanismos a diferentes latitudes.

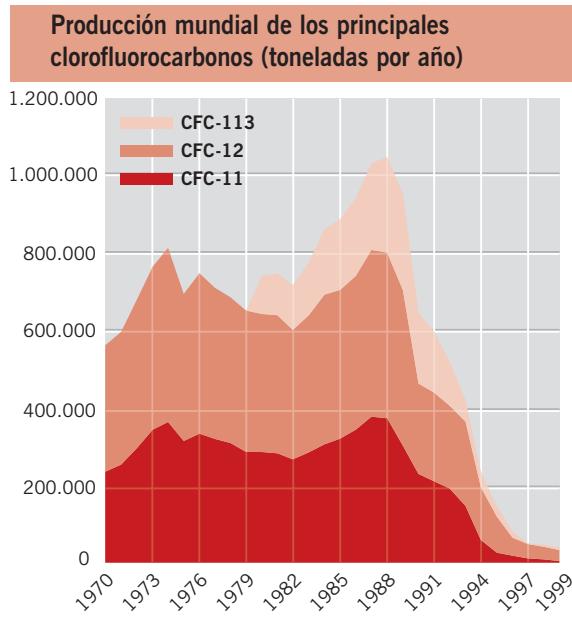
Fuente: Wania y Mackay 1996.

adoptado en mayo de 2001, establece una serie de medidas de control que cubren la manipulación de plaguicidas, sustancias químicas industriales y subproductos involuntarios. Las disposiciones de control exigen la eliminación de la producción y uso de POP producidos intencionalmente, y la eliminación, donde sea posible, de los POP producidos involuntariamente (UNEP 2001).

Agotamiento del ozono estratosférico

La protección de la capa de ozono de la Tierra se ha presentado como uno de los mayores desafíos de los últimos treinta años, y es un problema que se extiende al medio ambiente, el comercio internacional y el desarrollo sostenible. La disminución de la capa de ozono amenaza la salud humana favoreciendo enfermedades como el cáncer de la piel, cataratas en los ojos y deficiencias inmunitarias, afecta a la flora y a la fauna, e influye también en el clima del planeta. El agotamiento del ozono es causado por varias sustancias químicas conocidas como sustancias agotadoras de ozono (SAO), las más notorias de las cuales son los clorofluorocarbonos (CFC). En 1974 se hicieron públicos los resultados de estudios científicos que relacionaban el agotamiento del ozono estratosférico con la liberación en la estratosfera de iones de cloruro provenientes de CFC (Molina y Rowland 1974). Las SAO se utilizan en refrigeradores, acondicionadores de aire, atomizadores de aerosoles, espumas aislantes y de muebles, equipos de lucha contra incendios. A medida que la demanda por dichos productos fue creciendo, también lo hizo la producción de SAO, la cual alcanzó su punto más alto a fines de los años 1980 (véase el gráfico).

El agotamiento de la capa de ozono de la Tierra ha alcanzado ahora niveles récord, especialmente en la región Antártica, y más recientemente también en el



La producción mundial de los tres CFC principales alcanzó su punto máximo alrededor de 1988 y desde entonces ha descendido hasta niveles muy bajos.

Fuente: AFEAS 2001.

Ártico. En septiembre de 2000 el agujero de ozono en la Antártida cubría más de 28 millones de kilómetros cuadrados (WMO 2000, NASA 2001). El promedio de pérdidas de ozono en la actualidad es del 6 por ciento en las latitudes intermedias del Hemisferio septentrional durante el invierno y la primavera, del 5 por ciento en las latitudes intermedias del Hemisferio meridional durante todo el año, del 50 por ciento durante la primavera antártica y del 15 por ciento durante la primavera ártica. Estas pérdidas dan como resultado un aumento de radiaciones nocivas UV-B del 7 por ciento, 6 por ciento, 130 por ciento y 22 por ciento respectivamente (UNEP 2000a).

Pero, gracias a los esfuerzos continuos de la comunidad internacional, el consumo mundial de SAO ha disminuido notablemente y se predice que la capa de ozono comenzará a recuperarse en uno o dos decenios y que retornará a los niveles anteriores a 1980 para mediados del siglo XXI, si todos los países se adhieren a las medidas de control futuras del Protocolo de Montreal (UNEP 2000a).

La cooperación internacional ha sido la clave para proteger la capa de ozono estratosférico. Los países acordaron en principio abordar este problema mundial antes de que sus efectos se hicieran manifiestos o que su existencia estuviera científicamente probada, lo que fue probablemente el primer ejemplo de aceptación del enfoque basado en el principio de precaución (UNEP 2000a).

La acción internacional comenzó seriamente en 1975, cuando el Consejo de Administración del PNUMA convocó a una reunión para coordinar las actividades de protección de la capa de ozono. Al año siguiente se estableció un

Comité Coordinador sobre la Capa de Ozono cuya finalidad es realizar un análisis científico anual. En 1977 Estados Unidos prohibieron el uso de CFC en los aerosoles no esenciales. Canadá, Noruega y Suecia pusieron en vigor medidas de control semejantes. La Comunidad Europea (CE) contuvo la capacidad de producción de aerosoles y comenzó a limitar su uso. Estas medidas, aunque útiles, sólo dieron un alivio temporal. Luego de disminuir durante varios años, el consumo de CFC comenzó a aumentar nuevamente en los años ochenta, como resultado del incremento del uso de los CFC que no vienen en forma de aerosol, como las espumas, solventes y refrigerantes. Se hizo necesaria la adopción de medidas de control más estrictas y el PNUMA, juntamente con varios países desarrollados, tomó la iniciativa de proponer la firma de un tratado mundial sobre la protección de la capa de ozono estratosférico (Benedick 1998).

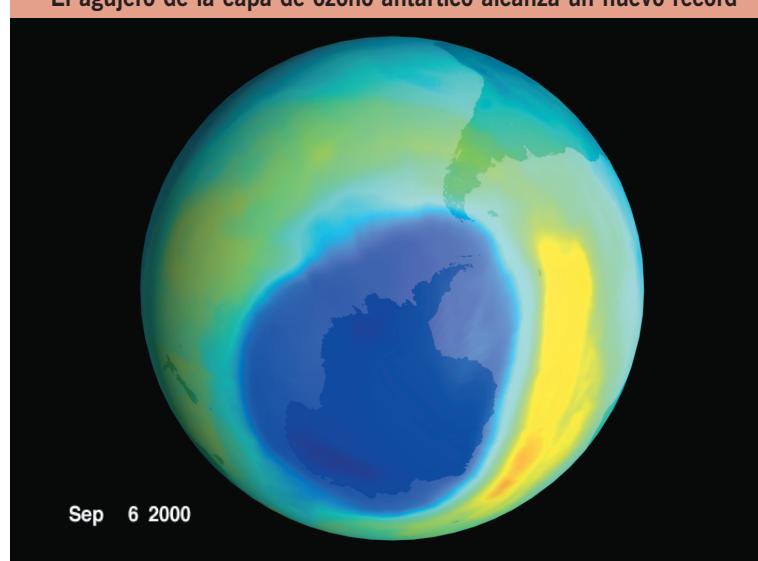
El Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono fue finalmente firmado por 28 países en marzo de 1985. En él se alienta la cooperación internacional en materia de investigación científica, observación sistemática de la capa de ozono, vigilancia de la producción de SAO, e intercambio de información. En septiembre de 1987, 46 países adoptaron el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. En diciembre de 2001, 182 Partes habían ratificado el Convenio de Viena y 181 el Protocolo de Montreal.

El Protocolo original sólo requería que para diciembre de 1999 se lograra una reducción del 50 por ciento en el consumo de cinco CFC ampliamente usados y que se contuviera el consumo de tres halones. Evaluaciones científicas hechas regularmente constituyeron la base de enmiendas y ajustes posteriores al Protocolo que se introdujeron en Londres (1990), Copenhague (1992),

El agujero de la capa de ozono alcanzó un nuevo record en septiembre de 2000 con 28,3 millones de km², el triple de la extensión de Estados Unidos. Las zonas marcadas en azul oscuro registran un alto nivel de agotamiento del ozono.

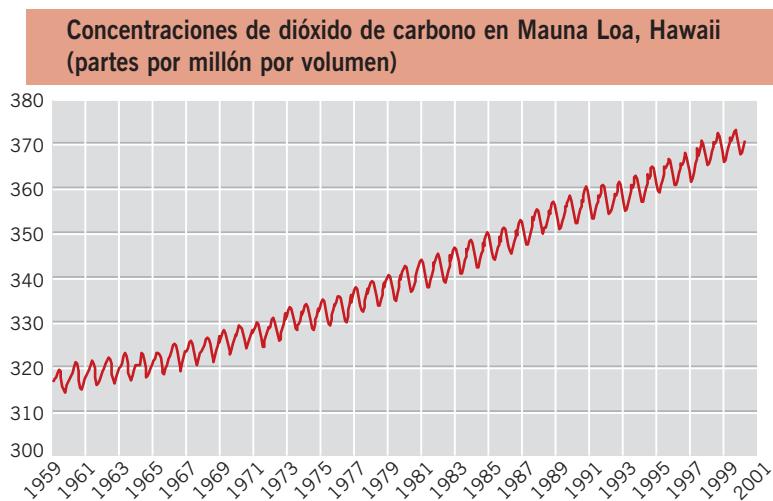
Fuente: NASA 2001.

El agujero de la capa de ozono antártico alcanza un nuevo récord



Viena (1995), Montreal (1997) y Beijing (1999). Para el año 2000, 96 sustancias químicas estaban sujetas a control (Sabogal 2000).

La mayoría de las SAO, con inclusión de todas las mencionadas en el Protocolo original, habían sido eliminadas en los países industrializados para fines de 1995. Como aplicación concreta del principio de responsabilidad común pero diferenciada, el Protocolo acuerda a los países en desarrollo un periodo de gracia de diez años y les brinda un mecanismo financiero (el Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal) que les permite enfrentar los costos de eliminar las SAO. Hasta el año 2000, el Fondo Multilateral había desembolsado más de 100 millones de dólares en la creación de capacidad y proyectos destinados a eliminar las SAO en 114 países en desarrollo.



Los registros provenientes de Mauna Loa, en Hawaii, muestran cómo han aumentado las concentraciones de CO₂; el aumento se debe principalmente a emisiones antropógenas que son causadas por la quema de combustibles fósiles.

Fuente: Keeling y Worf 2001.

Casi todas las Partes signatarias del Protocolo de Montreal han adoptado ya medidas para eliminar las SAO, lo que ha dado como resultado que, en el año 2000, el consumo de SAO se hubiera reducido en un 85 por ciento (UNEP 2000b).

Gases de efecto invernadero y cambio climático

El conocimiento científico del «efecto invernadero» natural remonta a más de un siglo (Arrhenius 1896): la Tierra mantiene su temperatura en equilibrio mediante una delicada relación entre la energía solar entrante (radiación de onda corta) que absorbe y la energía infrarroja saliente (radiación de onda larga) que emite, parte de la cual escapa al espacio. Los gases de efecto invernadero (vapor de agua, dióxido de carbono, metano y otros) dejan pasar la radiación solar a través de la atmósfera de la Tierra casi sin obstáculo, pero absorben la radiación infrarroja de la superficie de la Tierra e irradian parte de la misma nuevamente hacia la Tierra. Ese efecto de invernadero natural

mantiene la temperatura de la superficie de la Tierra aproximadamente 33 grados centígrados más caliente de lo que sería sin él, es decir, la mantiene lo suficientemente caliente como para sustentar la vida.

La concentración de CO₂ en la atmósfera, uno de los principales gases de efecto invernadero, aumentó de manera significativa desde la revolución industrial (véase el gráfico donde se pone de manifiesto el crecimiento desde que se comenzaron a hacer mediciones directas en 1957). Esto contribuyó a un efecto invernadero intensificado conocido como «calentamiento de la Tierra».

La concentración de CO₂ en la atmósfera es actualmente de aproximadamente 370 partes por millón (ppm), lo que representa un aumento de más del 30 por ciento desde 1750. El aumento se debe en gran medida a las emisiones antropógenas de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles y, en menor medida, al cambio en el uso de la tierra, la producción de cemento y la combustión de biomasa (IPCC 2001a). Aunque el CO₂ cuenta por más del 60 por ciento del efecto invernadero adicional acumulado desde la industrialización, las concentraciones de otros gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), halocarbonos y halones, también han aumentado. Éstos, en comparación con el CO₂, el CH₄ y el N₂O, han contribuido aproximadamente un 20 por ciento y un 6-7 por ciento respectivamente al aumento del efecto invernadero. Los halocarbonos han contribuido con aproximadamente un 14 por ciento. Muchas de estas sustancias químicas están reglamentadas por el Protocolo de Montreal (véase más arriba). Pero aquellas cuyo potencial de agotamiento del ozono es insignificante no están controladas por dicho Protocolo. Aunque representan menos del 1 por ciento del efecto invernadero adicional acumulado desde la industrialización, las concentraciones de estas sustancias en la atmósfera están aumentado (IPCC 2001a).

Las emisiones de gases de efecto invernadero se distribuyen de manera desigual entre los países y regiones. Los países industrializados son, en general, responsables de la mayor parte de las emisiones pasadas y presentes. Los países de la OCDE produjeron más de la mitad de las emisiones de CO₂ en 1998, con un promedio de emisión per cápita aproximadamente tres veces mayor que el promedio mundial. Pero la proporción de las emisiones de los países de la OCDE en el total mundial de emisiones de CO₂ ha disminuido en un 11 por ciento desde 1973 (IEA 2000).

Al evaluar los posibles efectos del aumento de concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) concluyó en 2001 que «hay nuevas y más sólidas evidencias de que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años es atribui-

ble a las actividades humanas». El calentamiento global ascendió a cerca de 0,6 ($\pm 0,2$) °C durante el siglo XX; los años noventa han sido «muy posiblemente» el decenio más cálido y 1998, el año más caliente en los registros oficiales, que se mantienen desde 1861. Gran parte del aumento del nivel del mar durante los últimos cien años (aproximadamente 10 a 20 cm) ha estado probablemente relacionado con el aumento simultáneo de la temperatura global (IPCC 2001a).

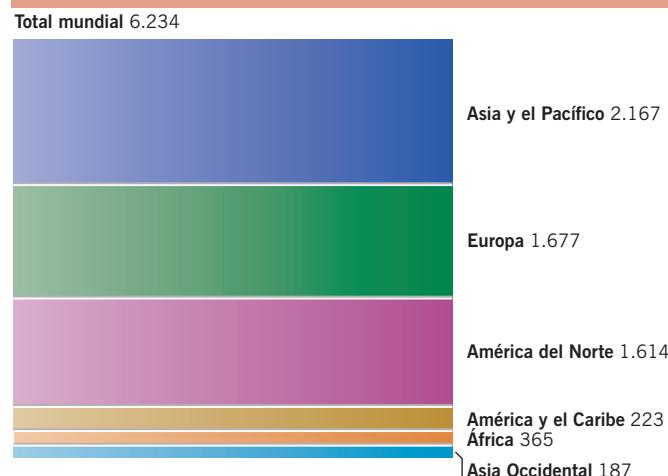
Tanto los ecosistemas como la salud humana y la economía son sensibles a los cambios climáticos, no sólo a la intensidad de dichos cambios sino también a su ritmo. Mientras que para muchas regiones los efectos de los cambios serán probablemente adversos, y algunos de ellos potencialmente irreversibles, para otras algunos de esos efectos podrían ser beneficiosos. Los cambios climáticos constituyen un estrés adicional para aquellos ecosistemas que ya están afectados por una demanda creciente de recursos, por prácticas de manejo insostenibles y por contaminación.

Algunos de los primeros resultados del cambio climático pueden servir de indicadores. Varios ecosistemas vulnerables, tales como los arrecifes de coral, corren peligro serio como resultado de la creciente temperatura del mar (IPCC 2001b) y algunas poblaciones de aves migratorias han disminuido debido a variaciones desfavorables de las condiciones climáticas (Sillett, Holmes y Sherry 2000). Los cambios climáticos pueden además afectar la salud y el bienestar de los seres humanos de distintas maneras. Por ejemplo, pueden hacerlo alterando la disponibilidad de agua dulce, la producción de alimentos, la distribución y propagación estacional de enfermedades de transmisión vectorial, como el paludismo, el dengue y la esquistosomiasis. La presión adicional de los cambios climáticos provocará distintas reacciones en las regiones. Cabe temer que puedan reducir la habilidad de algunos ecosistemas para proveer, sobre una base sostenible, bienes y servicios clave, necesarios para el éxito del desarrollo económico y social, tales como alimentos adecuados, aire y agua puros, energía, abrigo seguro y bajos niveles de enfermedad (IPCC 2001b).

La Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC), adoptado por la CNUMAD en 1992 (véase Capítulo 1), tiene como objetivo último «la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interacciones antropógenas peligrosas en el sistema climático» (UNFCCC 1992). La Convención define además varios principios de importancia fundamental, por ejemplo que las Partes deben adoptar medidas de precaución y actuar «sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas». Como se trata de una convención marco, la UNFCCC sólo contenía

una recomendación no-vinculante instando a los países industrializados a reducir a los niveles de 1990 las emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero (no controlados por el Protocolo de Montreal) antes del año 2000 (UNFCCC 1992). A pesar de esta recomendación, la mayoría de ellos no ha reducido las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero a los niveles de 1990 (UNFCCC 2001). En general, las emisiones mundiales de casi todos los gases de efecto invernadero antropógenos, especialmente de CO₂, continúan aumentando (IEA 2000). Esto pone de manifiesto que las políticas y medidas adoptadas en el nivel nacional e internacional son inadecuadas para enfrentar el problema de los cambios climáticos.

Emisiones de dióxido de carbono por región, 1998 (millones de toneladas de carbono por año)



En su *Segundo Informe de Evaluación* el IPCC sostuvo que «las pruebas en uno u otro sentido dan a entender en definitiva que existe una influencia humana discernible sobre el clima global» (IPCC 1996). Esta afirmación sin equívocos dio el fundamento científico para la adopción del Protocolo de Kioto a la UNFCCC en diciembre de 1997. Este Protocolo es el primero en establecer objetivos de reducción de gases de efecto invernadero que la mayoría de los países industrializados deben lograr. La gama de objetivos, sin embargo, varía desde la obligación a reducir las emisiones en un 8 por ciento (en el caso de la Unión Europea y muchos de los países de Europa Central) hasta el permiso de aumentarlas hasta en 10 por ciento (Islandia) o en 8 por ciento (Australia). En general, los países industrializados deben reducir, durante el periodo 2008-2012, la suma de sus emisiones a un nivel que sea por lo menos 5 por ciento inferior al nivel de 1990. No se impuso ninguna nueva obligación a los países en desarrollo. El Protocolo de Kioto también permite la implementación colectiva de obligaciones mediante la

Las emisiones antropógenas de gas de efecto invernadero se distribuyen de manera irregular entre las distintas regiones – la mayoría de las emisiones provienen de las regiones industrializadas. Las cifras incluyen emisiones por quema de combustible, la combustión en antorcha y la producción de cemento.

Fuente: Recopilación a partir de Marland, Boden y Andres, 2001.

aplicación de los llamados «mecanismos de Kioto». Estos mecanismos procuran dar «flexibilidad geográfica» y reducir los costos que lleva aparejados el cumplimiento de los compromisos de Kioto. Por ejemplo, uno de ellos, llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio, permite que los países industrializados reciban créditos de emisión por llevar a cabo proyectos cuya finalidad es reducir emisiones de gases de efecto invernadero en países en desarrollo (UNFCCC 1997).

Se calcula que para los países industrializados el costo de implementar el Protocolo de Kioto podría variar entre el 0,1 y el 2 por ciento de sus PIB en 2010 (IPCC 2001c) y que las mayores consecuencias las sufrirían las economías más dependientes de combustibles fósiles. Ante la

Los antecedentes de la cooperación internacional sobre cambios climáticos

A comienzos de los años setenta los científicos comenzaron a llamar la atención de los responsables de la elaboración de políticas sobre el calentamiento de la Tierra como una amenaza mundial creciente (CEP 1970). No obstante, sus llamados fueron inicialmente ignorados, y a medida que la economía siguió creciendo también aumentó la cantidad de combustibles fósiles que se utilizaban, la extensión de zonas forestales taladas para la agricultura y la producción de halocarbonos. Fueron necesarios veinte años más de esfuerzos continuos por parte de científicos, ONG, organizaciones internacionales y varios gobiernos para lograr que la comunidad internacional reconociera la importancia de la acción coordinada para enfrentar el problema de los cambios climáticos.

Se considera generalmente que la Conferencia de Estocolmo fue el punto de partida de los esfuerzos internacionales en materia de variaciones climáticas y cambios climáticos (UN 1972). La primera Conferencia Mundial sobre el Clima, realizada en Ginebra en 1979, manifestó preocupación sobre el patrimonio atmosférico común. Los participantes fueron principalmente científicos y la Conferencia llamó poco la atención de los responsables de políticas. En los años de la década de 1980 se realizaron una serie de conferencias y talleres en Villach, Austria, en los cuales se examinaron posibles consecuencias importantes de las emisiones futuras de todos los gases de efecto invernadero. En la reunión de Villach en 1985 un grupo internacional de científicos logró consenso sobre la seriedad del problema y el peligro de un calentamiento significativo de la Tierra (WMO 1986).

Como consecuencia de la creciente presión del público y de las advertencias de la Comisión Brundtland (WCED 1987), el problema de los cambios climáticos mundiales entró en la agenda política de varios gobiernos. Un avance diplomático tuvo lugar en la Conferencia Mundial sobre Atmósfera Cambiante, realizada en Toronto en 1988, con la recomendación que instaba a las naciones desarrolladas a reducir las emisiones de CO₂ en un 20 por ciento respecto de los niveles de 1988 para el año 2005. Pocos meses después se estableció el IPCC, por decisión conjunta de la OMM y del PNUMA, con el fin de examinar los conocimientos científicos que se poseen sobre cambios climáticos, sus efectos, sus aspectos económicos, así como las posibles medidas de mitigación y de adaptación que se podrían aplicar a los mismos. Los estudios producidos por IPCC, especialmente los tres extensos Informes de evaluación de 1990, 1995 y 2001, cubren todas las facetas de los cambios climáticos.

perspectiva de tales pérdidas económicas, algunas naciones industrializadas han menoscabado la validez de los compromisos asumidos en Kioto y el Protocolo de Kioto como un todo. Los debates sobre las normas y modalidades de implementación del Protocolo se prolongaron hasta la sexta conferencia de las Partes en la UNFCCC, que tuvo lugar en La Haya en noviembre de 2000. Como las Partes de la negociación no lograron consenso, la conferencia se levantó y las Partes convinieron en reanu-

dar las negociaciones en 2001. El debate mundial llegó a su punto decisivo en marzo de 2001, cuando el gobierno de los EE.UU. decidió no imponer ninguna restricción legal, tales como las implícitas en el Protocolo de Kioto, a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. La administración de los EE.UU. declaró de este modo su oposición al Protocolo, y afirmó que lo consideraba «irremediablemente defectuoso» porque causaría daño a la economía de los EE.UU. y eximiría a los países en desarrollo de participar plenamente en él (Coon 2001). Esta decisión significaba que Estados Unidos, uno de los principales emisores de CO₂, no ratificaría el Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto nunca habría entrado en vigor si otros países desarrollados hubieran adoptado la misma postura. Sin embargo, al resumir las sesiones de la sexta Conferencia de las Partes (COP-6 Part II) en Bonn, Alemania, en julio de 2001, las Partes (con excepción de Estados Unidos) completaron con éxito las negociaciones destinadas a establecer los detalles operacionales de los compromisos sobre reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. También lograron acuerdo sobre acciones para fortalecer la UNFCCC mismo. La decisión política, o Acuerdo de Bonn, fue adoptada formalmente por la Conferencia de las Partes el 25 de julio de 2001. Muchos la consideraron como el acuerdo político «histórico» que salvó al Protocolo de Kioto y preparó el terreno para su ratificación, aunque se reconoció también que fue tan sólo un pequeño paso hacia la solución del problema mundial. Las discusiones dieron también por resultado una Declaración Política de la Unión Europea, Canadá, Islandia, Noruega, Nueva Zelanda y Suiza relativa a la ayuda financiera para países en desarrollo. Esta Declaración incluye el compromiso de proveer una contribución anual de 410 millones de dólares antes de 2005 (IISD 2001a).

Poco después de COP-6 II, los negociadores en materia de cambios climáticos de la COP-7, reunidos en Marrakech en octubre-noviembre de 2001, dieron forma final a cuestiones importantes relacionadas con el acuerdo político logrado en Bonn, tales como el sistema de cumplimiento, los «mecanismos de Kioto», la contabilidad, la presentación de informes y el análisis de la información de acuerdo con el Protocolo de Kioto, y muchas otras (conocidas como los «Acuerdos de Marrakech»). El acuerdo logrado en Marrakech no sólo hace posible la ratificación del Protocolo de Kioto en un futuro próximo, sino que sirve también como fundamento para un enfoque multilateral de conjunto que puede y debe lograrse más allá de dicho Protocolo (IISD 2001b).

El logro de los objetivos de Kioto será solamente un primer paso hacia la solución del problema de los cambios climáticos, porque dicho logro tendrá un efecto mar-

ginal en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Aun cuando se logre a largo plazo la estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, el calentamiento

continuará por varios decenios, y los niveles de los océanos continuarán subiendo por siglos, con las serias consecuencias que eso trae aparejadas para millones de personas (IPCC 2001a, b).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, panorama mundial

- AFEAS (2001). *Product Data. Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study* http://www.afeas.org/prodsales_download.html [Geo-2-008]
- Arrhenius, S. (1896). On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine*. 41, 251, 237-77
- Benedick, R.E. (1998). *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press
- BP Amoco (2000). *The Statistical Review of World Energy C 1999*. London, British Petroleum <http://www.bp.com/downloads/68/fullstat99.pdf> [Geo-2-009]
- CEC (1997). *Continental Pollutant Pathways: An Agenda for Cooperation to Address Long-Range Transport of Air Pollution in North America*. Montreal, Commission for Environmental Cooperation http://www.cec.org/pubs_info_resources/ecoregio/eco98/index.cfm?varlan=english [Geo-2-010]
- Coon, C.E. (2001). *Why President Bush is Right to Abandon the Kyoto Protocol*. The Heritage Foundation Backgrounder, 1437. Washington DC, The Heritage Foundation <http://www.heritage.org/library/backgrounder/bg1437.html> [Geo-2-011]
- EEA (1999). *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. Copenhagen, European Environment Agency
- EEA (2001). *Environmental Signals 2001*. Environmental Assessment Report No. 8. Copenhagen, European Environment Agency
- Espeland, O., Kleivane, L., Haugen, S. and Skaare, J.U. (1997). Organochlorines in mother and pup pairs in two Arctic seal species: Harp seal (*Phoca groenlandica*) and hooded seal (*Cystophora cristata*). *Marine Environmental Resources*. 44, 315-30
- Fenger, J. (1999). Urban air quality. *Atmospheric Environment*. 33, 4877-900
- Holdren, J.P. and Smith, K.R., eds. (2000). *Energy, the Environment and Health. In World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, United Nations Development Programme
- IEA (2000). *Key World Energy Statistics from the IEA*. Paris, International Energy Agency
- IISD (2001a). *COP-6.bis Final Summary*. International Institute for Sustainable Development <http://www.iisd.ca/linkages/download/asc/enb12176e.txt> [Geo-2-012]
- IISD (2001b). Milestones in Climate Change, International Undertaking Talks. */linkages/journal/6*, No. 11. International Institute for Sustainable Development <http://www.iisd.ca/linkages/journal/link0611e.pdf> [Geo-2-151]
- IPCC (1996). *Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press
- IPCC (2001a). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- IPCC (2001b). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- IPCC (2001c). *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- Keeling, C.D. and Whorf, T.P. (2001). Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In CDIAC (ed.), *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Oak Ridge, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy
- Masclet, P., Hoyau, V., Jaffrezo, J.L. and Cachier, H. (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbon deposition on the ice sheet of Greenland. Part I: Superficial snow. *Atmospheric Environment*, 34, 3195-3207
- Marland, G., Boden, T.A. and Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/em_cont.htm [Geo-2-016]
- Molina, M. J. and Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom catalyzed destruction of ozone. *Nature*. 249, 810-4
- NASA (2001). *Largest-ever ozone hole observed over Antarctica*. NASA Goddard Space Flight Center <http://www.gsfc.nasa.gov/gsfc/earth/environ/ozone/ozone.htm> [Geo-2-017]
- Rodhe, P., Grennfelt, P., Wisniewski, J., Ågren, G., Bengtsson, G., Johansson, K., Kauppi, P., Kucera, V., Rasmussen, L., Rosseland, B., Schotte, L. and Sellen, G. (1995). Conference summary statement. In P. Grennfelt, Rodhe, H., Thörnelöf, E. and Wisniewski, J. (ed.), *Acid Reign >95? Proceedings from the 5th International Conference on Acidic Deposition: Göteborg, 26-30 June 1995*. 1. Water, Air, and Soil Pollution, 1-14. Kluwer Academic Publishers
- Sabogal, N. (2000). The Depletion of the Stratospheric Ozone Layer. *Meteorolog. Colomb.* 2, 73-9
- SCEP (1970). *Man=s Impact on the Global Environment. Study of Critical Environmental Problems*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press
- Schindler, D. (1999). From acid rain to toxic snow. *Ambio*. 28, 350-5
- Seip, H.M., Aagaard, P., Angell, V., Eilertsen, O., Kong, G., Larsen, T., Lydersen, E., Mulder, J., Muniz, I.P., Semb, A., Tang, D., Vogt, R.D., Xiao, J., Xiong, J. and Zhao, D. (1999). Acidification in China: assessment based on studies at forested sites from Chongqing to Guangzhou. *Ambio*. 28, 522-8
- Sillett, T.S., Holmes, R.T. and Sherry, T.W. (2000). Impacts of a global climate cycle on population dynamics of a migratory songbird. *Science*. 288, 2040-2
- UN (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment*. Stockholm, 5-16 June 1972. A/CONF.48/14/Rev.1. New York, United Nations
- UNECE (1995). *Strategies and Policies for Air Pollution Abatement*. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe
- UNECE (2000). *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. United Nations Economic Commission for Europe <http://www.unece.org/env/lrtap> [Geo-2-018]
- UNEP (1999). *GEO 2000*. United Nations Environment Programme. London and New York, Earthscan
- UNEP (2000a). *Action on Ozone*. Nairobi, United Nations Environment Programme
- UNEP (2000b). *Report of the Twelfth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol*. UNEP Ozone Secretariat <http://www.unep.org/ozone/12mop-9.shtml> [Geo-2-019]
- UNEP (2001). *Text of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants for Adoption by the Conference of Plenipotentiaries*. Nairobi, United Nations Environment Programme http://riptc.unep.ch/pops/POPs_Inc/dipcon/meeting/docs/conf-2/en/conf-2e.pdf [Geo-2-020]
- UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. New York, United Nations
- UNFCCC (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. FCCC/CP/1997/L.7/Add.1. Bonn, UNFCCC Secretariat
- UNFCCC (2001). *Greenhouse Gas Inventory Database (GHG)*. The Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change <http://ghg.unfccc.int/> [Geo-2-152]
- US EPA (2000). *Latest Findings on National Air Quality: 1999 Status and Trends*. Washington DC, United States Environmental Protection Agency
- Wania, F. and Mackay, D. (1996). Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol.* 30(1), 6A
- WCED (1987). *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*. Oxford, Oxford University Press
- WHO (1999). *Guidelines for Air Quality*. Geneva, World Health Organization
- WMO (1986). *Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts C*. Villach, 9-15 October 1985. Geneva, World Meteorological Organization
- WMO (2000). *Antarctic Ozone Bulletin #5/2000*. Geneva, World Meteorological Organization
- World Bank (1997). *Clear Water, Blue Sky. China=s Environment in the New Century*. Washington DC, World Bank World Bank (2001). *World Development Indicators*. Washington DC, World Bank

Atmósfera: África

El clima del continente africano es variado. En África Occidental y África Central, así como en las islas del Océano Índico Occidental, predominan condiciones tropicales húmedas, en la mayoría de los países de África Meridional se viven condiciones áridas y semiáridas, mientras que en África del Norte los rasgos predominantes son los desiertos y semidesiertos. La región está experimentando un elevado grado de variabilidad e incertidumbre en cuanto a condiciones climáticas. La variabilidad del clima es por consiguiente el fenómeno atmosférico más importante en África.

En comparación con otras regiones, los países africanos emiten cantidades insignificantes de contaminantes atmosféricos y de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, las emisiones africanas representan menos del 3,5 por ciento de las emisiones mundiales de CO₂ (Marland, Boden y Andres 2001). No obstante, la contaminación atmosférica antropógena es un problema en África del Norte y África Meridional, así como en algunas grandes ciudades.

Variabilidad del clima en África

En los últimos 30 años África ha experimentado por lo menos un caso de sequía mayor por decenio. En África Oriental hubieron sequías serias en 1973-74, 1984-85, 1987, 1992-94 y 2000 (DMC 2000). La última sequía en el Sahel duró un decenio, de 1972-73 hasta 1983-84. Se registraron sequías severas en África Meridional de 1967 a 1973, en 1982-83, 1986-87, 1991-92 y 1993-94 (Chenje y Johnson 1994).

Las islas del Océano Índico Occidental están sometidas a un promedio de diez tormentas tropicales entre los meses de noviembre y mayo. Se ha relacionado la Oscilación Meridional de El Niño (ENSO), que afecta a gran parte de África, con las fases de calor más frecuentes, persistentes e intensas que se han producido en los últimos 30 años (IPCC 2001a). El fenómeno de El Niño de 1997-98 causó aumentos de temperatura en la superficie del agua en el Océano Índico, así como inundaciones y deslizamientos de tierra a través de la mayor parte de África Oriental (Ogallo 2001).

Calidad del aire

Sudáfrica produjo el 42 por ciento del total de emisiones regionales de CO₂ en 1998 (Marland, Boden y Andres 2001), algunos países de África del Norte, donde el consumo total de energía aumentó 44 por ciento de 1980 a 1998 (OAPEC 1999), también contribuyeron de manera significativa a estas emisiones. El subsidio de la producción de electricidad, la promoción de estrategias económicas de desarrollo industrial y el aumento del consumo son factores que han contribuido al aumento de emisiones en algunas zonas. Por ejemplo, en Mauricio se duplicó el consumo total de energía entre 1990 y 1998, y las emisiones de CO₂ aumentaron un 23 por ciento de 1991 a 1995 (UNCHS 1996).

El rápido aumento en el número de automóviles privados y las precarias condiciones de muchos vehículos privados y comerciales son otras tantas causas de preocupación.

Las emisiones producidas por vehículos son la principal fuente de contaminación por plomo, y contribuyen a la contaminación por polvo, ruido y humos. En Argelia, Mauricio y Marruecos se han puesto en vigor políticas que alientan la conversión a vehículos más nuevos y menos contaminantes (Government of Mauritius 1990), y en Egipto, Sudáfrica y Túnez se ha promovido y hasta subvencionado la gasolina sin plomo (World Bank 2001a). Las emisiones industriales son también fuentes importantes de contaminación atmosférica, especialmente en las grandes concentraciones urbanas donde los contaminantes se combinan a veces para crear niebla atmosférica.

La incidencia de enfermedades respiratorias está aumentando en África del Norte, islas del Océano Índico Occidental, África Meridional y algunas grandes ciudades (como Lagos), lo cual es signo del deterioro de la calidad del aire. Las causas principales son la combustión de carbón, leña, queroseno (parafina), excrementos y desechos en el interior de los edificios para satisfacer necesidades de los hogares, así como las emisiones industriales y provenientes de vehículos. En África subsahariana los combustibles tradicionales contaron por el 63,5 por ciento del total de energía consumida en 1997 (World Bank 2001b).

Muchos países han elaborado planes nacionales de protección ambiental (PNPA) o Estrategias Nacionales de Desarrollo Sostenible (ENDS) que se ocupan, entre otras cosas, de las fuentes y efectos de la contaminación atmosférica. Ghana, Kenya, Sudáfrica, Uganda y Zambia se cuentan entre los países que han promulgado leyes que imponen la obligación de realizar una Evaluación del impacto ambiental (EIA) a proyectos de desarrollo tales como la construcción de caminos, las minas y las operaciones industriales con alto potencial de emisiones contaminantes atmosféricos (Government of Ghana 1994, Government of Kenya 1999, Republic of South Africa 1989, Government of Uganda 1995, Government of Zambia 1990).

Variabilidad del clima y vulnerabilidad a los cambios del clima

La variabilidad del clima y las inundaciones y sequías que le están asociadas aumentan el riesgo de pérdida de cosechas, reducen en consecuencia la seguridad alimentaria, y provocan incidencias más altas de malnutrición y de enfermedades. En Etiopía, por ejemplo, la sequía de 1984 afectó a 8,7 millones de personas, un millón de las cuales murieron y muchos millones padecieron de malnutrición y de hambre. Esta sequía también causó la muerte de casi 1,5 millones de cabezas de ganado (FAO 2000). La sequía de 1991-92 en África Meridional causó la pérdida del 54 por ciento de la cosecha de cereales y expuso al riesgo de inanición a más de 17 millones de personas (Calliham, Eriksen y Herrick 1994). Más de 100.000 personas murieron como consecuencia de la

sequía que afectó a la región del Sahel en los años setenta y ochenta (Wijkman y Timberlake 1984). Las cosechas deficientes y la pérdida de ganado condujeron a una mayor dependencia de bienes importados y ayuda extranjera, reduciendo así el rendimiento económico y la capacidad de enfrentar desastres ambientales futuros.

En 1997 y 1998, partes de África Oriental padecieron grandes precipitaciones e inundaciones debido a las perturbaciones de la ENSO, y en 1999 y 2000 África Meridional y las islas del Océano Índico Occidental sufrieron ciclones e inundaciones devastadoras. El agua de inundaciones es un hábitat ideal para bacterias y mosquitos. En Uganda, las inundaciones provocadas por la ENSO en 1997-98 causaron más de 500 muertes por cólera, y otras 11.000 personas debieron ser hospitalizadas (NEMA 1999).

Se piensa que el aumento de entre 1 °C a 1,5 °C en la temperatura del mar causado por las perturbaciones de la ENSO es la causa del descoloramiento de hasta el 30 por ciento de los corales en Comoros, del 80 por ciento en Seychelles (PRE/COI 1998) y del 90 por ciento en Kenia y Tanzania (Obura y otros 2000).

La vulnerabilidad de la región a los desastres naturales se agrava por los efectos anticipados de los cambios climáticos mundiales. Según el IPCC, África es la región más vulnerable a la disminución prevista de la seguridad de los alimentos y del agua, porque la pobreza generalizada limita su capacidad de adaptación (IPCC 1998). Los cambios en materia de lluvias tendrán también consecuencias importantes para las partes de África que dependen de energía hidroeléctrica.

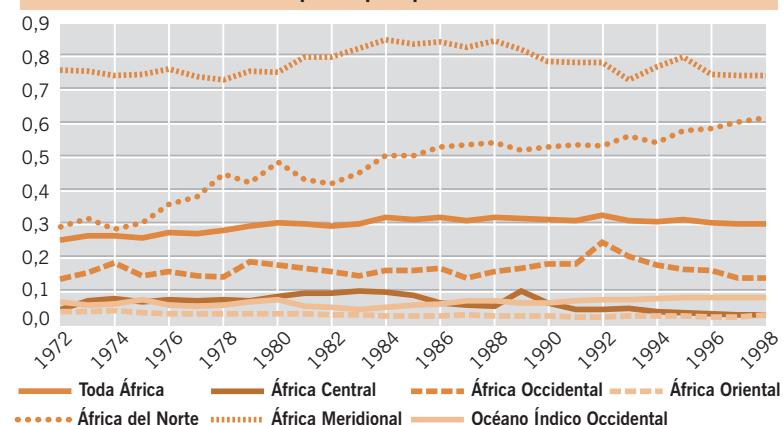
La subida anticipada del nivel del mar, que es resultado de los cambios climáticos mundiales, puede amenazar muchos asentamientos costeros e islas, particularmente las islas del Océano Índico Occidental. No se sabe todavía con exactitud cuál será la magnitud de tal incremento, pero los últimos cálculos de IPCC (2001a) la sitúan entre los 10 y 94 cm para el año 2100. Aunque las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero se estabilizaran de inmediato, el nivel del mar continuaría subiendo por muchos años. El IPCC pronostica también que aumentará probablemente la intensidad de los ciclones, precipitaciones pluviales y vientos (IPCC 2001a), y la zona de ciclones en el Océano Índico Occidental podría extenderse hasta abarcar las Seychelles (UNEP 1999).

Los cambios en el régimen de precipitaciones pluviales y en el régimen de temperaturas podrían alterar también la diversidad biológica, pues muchas especies no serían capaces de adaptarse o de emigrar a zonas más propicias. El WWF pronostica que la disminución del 5 por ciento de precipitaciones pluviales previstas para África Meridional afectará a las especies que dependen del pastoreo, como el antílope hartebeest, el ñu y la cebra, amenazando así a la fauna y la flora silvestres del

Parque Nacional Kruger en Sudáfrica, el delta Okavango en Botswana y el Parque Nacional Hwange en Zimbabwe. También se teme que el paludismo pueda extenderse a zonas antes no contaminadas, tales como el este de Namibia y el norte de Sudáfrica (WWF 1996).

La capacidad de la región para adaptarse a los cambios climáticos dependerá de varios factores, entre los que se cuentan el crecimiento de la población y las pautas de consumo, que afectarán la demanda de alimentos y de agua, y la locación de las poblaciones y la infraestructura

Emissions de dióxido de carbono per cápita: África (toneladas de carbono per cápita por año)



con relación a las zonas costeras vulnerables, lo cual determinará la magnitud de las pérdidas económicas debidas a la subida del nivel del mar. Muchos países tendrán que cambiar sus prácticas agrícolas, particularmente para reducir la dependencia respecto de la agricultura de secano, y evitar cultivos en zonas marginales. Las comunidades rurales que dependen actualmente de la biomasa como fuente de energía podrán verse forzadas a buscar fuentes alternativas si los cambios climáticos modifican el tipo y distribución de la vegetación.

Cuestiones normativas

Casi todos los países de África han ratificado la UNFCCC y muchos de ellos están a favor del Protocolo de Kioto. Los países africanos podrán beneficiarse de los mecanismos de cooperación internacional propuestos en el Protocolo. Los países que tienen gran riqueza de bosques naturales (como los de África Occidental y África Central) podrán también establecer, con los países industrializados, acuerdos de transferencia de reducción de emisiones que contribuirán a sus economías y apoyarán su desarrollo. En general los países africanos tienen interés en que se tome una decisión que garantice que los mecanismos adoptados aceleren el logro del desarrollo sostenible en África, produzcan beneficios para el sistema climático, contribuyan a facilitar la adaptación de África a los

Africa produce menos del 3,5 por ciento de las emisiones mundiales de CO₂; África del Norte y África Meridional producen más del 80 por ciento de las emisiones de la región.

Fuente: Recopilación a partir de Marland, Boden y Andres 2001.

cambios climáticos, y susciten proyectos que aceleren el crecimiento socioeconómico (IISD 2000). Argelia, Cabo Verde, Côte d'Ivoire, Egipto, Ghana, Lesotho, Malí, Mauricio, Níger, Senegal, Seychelles y Zimbabue han presentado Comunicaciones Nacionales a la UNFCCC en las que incluyen inventarios detallados tanto de emisiones como de sumideros. Sudáfrica es el país que emite más carbono en África pero, al estar clasificado como país en desarrollo, no está formalmente obligado a controlar la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante, se ha establecido un comité nacional sobre cambios climáticos, cuya finalidad es supervisar las investigaciones científicas, las comunicaciones y el establecimiento de una política en materia de cambios climáticos.

Tanto en África del Norte como en África Meridional se están examinando las posibilidades de explotar fuentes alternativas de energía, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica de pequeña escala y de biomasa. Es posible que tales iniciativas tengan más éxito en zonas remotas, donde las conexiones con las fuentes centrales de energía son muy caras y donde la demanda de energía es sólo para uso doméstico.

Uno de los mayores desafíos planteados por los cambios climáticos y atmosféricos a la mayoría de los países

africanos es la necesidad de adaptar los procesos de desarrollo a los cambios en el medio ambiente. Se necesita establecer mecanismos de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos de los cambios en las pautas meteorológicas y a las sequías e inundaciones que se han intensificado como resultado del fenómeno de El Niño (IPCC 2001b). Por otra parte, los países africanos pueden contribuir a la implementación de la UNFCCC y del Protocolo de Kioto adoptando tecnologías eficientes desde el punto de vista energético y tecnologías de energías renovables. Los mecanismos de Kioto y las instituciones internacionales que se crearán para poner en práctica esos mecanismos prevén la participación activa de los países africanos. El fracaso en lograr el potencial del Protocolo de Kioto puede ser causa de mayor exposición a los efectos adversos de los cambios climáticos (IISD 2000). Se debe controlar y reducir la contaminación localizada, tanto en ambientes interiores como exteriores, mediante la introducción de modos de producción industrial más limpios, mejores sistemas de transporte y gestión eficaz de desechos. Por ejemplo, la estrategia de gestión de desechos concebida en Sudáfrica procura reducir el vertimiento y la quema ilegales de residuos sólidos (DEAT 1998).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, África

- Calliham, D.M., Eriksen, J.H. and Herrick, A.B. (1994). *Famine Averted: The United States Government Response to the 1991/92 Southern Africa Drought: Evaluation Synthesis Report*. Washington DC, Management SystemsInternational
- Chenje, M. and Johnson, P. (eds., 1994). *State of the Environment in Southern Africa*. Maseru and Harare, SADC, IUCN and SARDC
- DEAT (1998). *Strategy for Integrated Pollution Control and Waste Management*. Pretoria, South Africa, Department of Environmental Affairs and Tourism of the South African Government
- DMC (2000). *DEKAD 19 Report (1-10 July, 2000). Ten-Day Bulletin*. Nairobi, Drought Monitoring Centre
- FAO (2000). *Agricultural Development and Related Aspects in the Horn of Africa*. ACC Inter-Agency Task Force on the UN Response to Long Term Food Security. Rome, UN Food and Agriculture Organization
- Government of Ghana (1994). *Environmental Protection Agency Act, 1994*. Accra
- Government of Kenya (1999). *Environment Management and Coordination Act 1999*. Nairobi
- Government of Mauritius (1990). *National Environmental Action Plan for Mauritius*. Ministry of Environment, Port-Louis,
- Government of Uganda (1995). *National Environment Statute*. Statute No 4, Kampala
- Government of Zambia (1990). *Environmental Protection and Pollution Control Act 1990*. Act No. 12 of 1990. Lusaka
- IISD (2000). *Climate Change Capacity ProjectAfrica. Report of the Workshop July 17-21, 2000 Dakar, Senegal*. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Canada
- http://iisd.ca/climate/cccp_africa.htm [Geo-2-153]
- IPCC (1997). *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*. Cambridge, Cambridge University Press
- IPCC (2001a). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- IPCC (2001b). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- Marland, G., Boden, T.A. and Andres, R.J.(2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_afr.htm [Geo-2-001]
- NEMA (1999). *State of the Environment Report for Uganda*. Kampala, National Environment Management Authority
- OAPEC (1999). *Annual Statistical Report 1999*. Kuwait, Organization of Arab Petroleum Exporting Countries <http://www.opec.org/images/A%20S%20R%201999.pdf> [Geo-2-002]
- Obura, D., Suleiman, M., Motta, H. and M, Schleyer (2000). Status of Coral Reefs in East Africa: Kenya, Mozambique, South Africa and Tanzania. In C. Wilkinson (ed.), *Status of Coral Reefs of the World: 2000*. Townsville, Australia, Australian Institute of Marine Science and Global Coral Reef Monitoring Network
- Ogallo, L. A. (2001). Unusual floods and droughts in East Africa. *World Climate News*. June 2001, 19, 3-4
- PRE/COI (1998). *Rapport Régional sur les Récifs Quatre Bornes, Mauritius*, Programme Régional Environment, Commission de l'Océan Indien
- Republic of South Africa (1989). *Environment Conservation Act*. Act No. 73 of 1989, Pretoria
- UNCHS (1996). *An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements 1996*. Nairobi, United Nations Centre for Human Settlements (HABITAT)
- UNEP (1999). *Western Indian Ocean Environment Outlook*. Nairobi, United Nations Environment Programme
- UNFCCC (2001). *Table of National Communications*. UNFCCC Secretariat <http://www.unfccc.de/resource/natcom/nctable.html> [Geo-2-003]
- Wijkman, A. and Timberlake, L. (1984). *Natural Disasters: Acts of God or Acts of Man?* London, Earthscan
- World Bank (2001a). *Middle East and North Africa Region Environment Strategy Update*. Washington DC, World Bank
- World Bank (2001b). *World Development Indicators 2001*. Washington DC, World Bank http://www.worldbank.org/data/wdi2001/pdfs/tab_3_8.pdf [Geo-2-024]
- WWF (1996). *Climate Change and Southern Africa. Summary*. World Wide Fund for Nature http://www.panda.org/resources/publications/climate/Africa_Issue/africa.htm [Geo-2-005]

Atmósfera: Asia y el Pacífico

La rápida degradación de la calidad del aire es un problema ambiental serio en la región de Asia y el Pacífico. El agotamiento de la capa de ozono y las consecuencias de los cambios climáticos mundiales son también problemas serios.

Calidad del aire

Los niveles de contaminación atmosférica en las ciudades más densamente pobladas se cuentan entre los más altos del mundo, tienen consecuencias muy serias para la salud humana y afectan a los ecosistemas acuáticos y terrestres. El transporte es una fuente significativa, a menudo la fuente principal, de contaminación atmosférica urbana. Las otras fuentes son las emisiones industriales, la quema de combustibles sólidos y líquidos para la producción de energía eléctrica, y la combustión de biomasa y otros combustibles como carbón de leña para usos domésticos. En algunas pocas ciudades los niveles de contaminación han disminuido. Por ejemplo, en Japón los altos precios de los combustibles, los avances tecnológicos y las normas estrictas en vigor han reducido las emisiones de SO₂ y de partículas en suspensión y han eliminado las emisiones de plomo causadas por el transporte. Sin embargo las emisiones de NO_x en Tokio y en Osaka no han disminuido lo suficiente a causa del aumento del número de vehículos. Esta situación es común en ciudades con niveles crecientes de transporte privado (UN-ESCAP/ADB 2000).

El tránsito se ha transformado en un gran contaminador atmosférico en las grandes ciudades, aunque los países asiáticos en su mayoría tienen un índice de propiedad de vehículos per cápita más bajo que el promedio mundial (World Bank 2000). Pero el parque automotor (véase el cuadro de barras) ha estado creciendo rápidamente. Por ejemplo, el número de automotores privados se duplicó en Sri Lanka entre 1975 y 1992 (Government of Sri Lanka 1994) y en la India el número de automóviles se ha duplicado cada siete años durante los últimos 30 años (ADB 1999). Este hecho, combinado con el mal estado de las carreteras y vehículos y con la baja calidad de los combustibles, hace que la contaminación atmosférica causada por vehículos sea un problema alarmante.

Muchos países han establecido sus propias normas de calidad para los contaminantes principales, así como normas de emisión para centrales eléctricas, ciertas industrias y vehículos. Para reducir la contaminación muchos países introdujeron la gasolina sin plomo, los convertidores catalíticos obligatorios y los combustibles para motores con bajo contenido de azufre. También se está considerando, especialmente en la India y en la República Islámica del Irán, la introducción de tecnologías alternativas, como los vehículos eléctricos o los que funcionan con gas com-

Contaminación atmosférica urbana en Asia

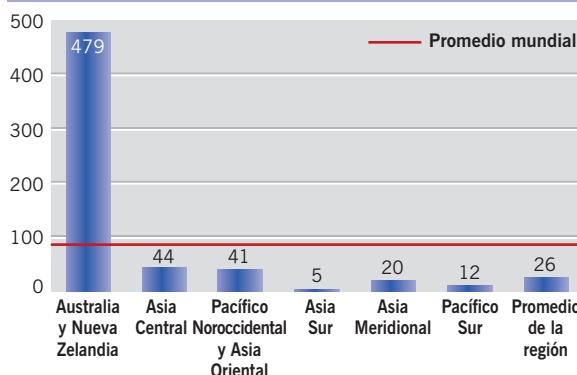
El aire en las ciudades de Asia es uno de los más contaminados del planeta. Doce de las quince ciudades del mundo que tienen los niveles más elevados de materia particulada están situadas en Asia (ADB 1999). Para colmo, seis de esas ciudades tienen también los niveles más elevados de SO₂ atmosférico. Los niveles de contaminación superan substancialmente las directrices internacionales en materia de calidad del aire recomendadas por la OMS. Ciudades como Beijing, Calcuta, Yakarta, Nueva Delhi, Shanghai y Teherán son notorias por sus altos niveles de partículas en suspensión, y entre ellas Nueva Delhi bate el récord con un máximo de 420 µg/m³ (UN-ESCAP/ADB 2000 y ADB2001). Teherán ha registrado también niveles de SO₂ que superan cuatro veces las directrices de la OMS (World Bank 2001).

primido. Se han aprobado incentivos fiscales en Nepal y Pakistán para alentar el uso de vehículos a gas o a baterías.

Con excepción de los países desarrollados de las subregiones del Asia Nororiental y partes del Pacífico Meridional, la preocupación acerca del medio ambiente comenzó a crear demanda de una mejor protección ambiental ya en los años ochenta. En los años noventa se han logrado avances significativos en el establecimiento de las instituciones y de las herramientas normativas necesarias para enfrentar problemas ambientales urgentes. No obstante, el aumento continuo del consumo de energía y la dependencia respecto de combustibles con contenido relativamente alto de carbono, como el carbón y el petróleo, aumentarán inevitablemente las emisiones a menos que se aprueben políticas más agresivas.

La contaminación atmosférica en lugares cerrados es a menudo un peligro más grave para la salud que la contaminación atmosférica exterior. La mayoría de los habitantes en zonas rurales de la región utilizan ramas, hierbas, estiércol seco de animales, residuos de cosechas, madera, leña y querosoeno como combustibles domésticos. Esto, unido a una ventilación inadecuada, da como resultado un aire interior altamente contaminado. Los altos niveles de emisiones nocivas y el elevado número de gente que utiliza combustibles tradicionales para cocinar —Asia produce casi la mitad de la leña que se produce en el mundo (FAOSTAT 20019)— hacen que la escala de la exposición sea muy grande. Entre los efectos nocivos para la salud cabe mencionar infecciones respiratorias agudas en los

Vehículos de pasajeros/1.000 habitantes (1996)



A pesar de la gran contaminación de las ciudades asiáticas, el número de vehículos per cápita es muy inferior al promedio mundial en todas las subregiones, con excepción de Australia y Nueva Zelanda.

Fuente: World Bank 2000.

niños, enfermedades crónicas obstructivas de los pulmones, resultados negativos de los embarazos y cáncer de pulmón en las mujeres. Las enfermedades respiratorias agudas predominan en las zonas rurales o montañosas de Afganistán, Bangladesh, Bhután, India, Nepal, Pakistán y Sri Lanka, donde la contaminación atmosférica en lugares cerrados es muy alta. Aproximadamente el 40 por ciento de la mortalidad infantil mundial debida a neumonía ocurre en Bangladesh, India, Indonesia y Nepal; muchas de estas muertes son causadas por contaminantes provenientes de la utilización de combustibles tradicionales (ADB 2001). Se calcula que en India el uso doméstico de combustibles sólidos causa cerca de 500.000 muertes prematuras por año en mujeres y niños menores de cinco años. Hay indicios de que la tuberculosis y la ceguera pueden estar asociadas con la contaminación atmosférica en lugares cerrados. También se culpa a esta contaminación de ser responsable del 5 al 6 por ciento del total nacional de enfermedades en mujeres y niños en la India (Holdren y Smith 2000).

Las áreas clave de intervención son: el uso de combustibles más limpios, como gas de bajo nivel de propano y queroseno; el desarrollo de biocombustibles de alto poder calorífico; la mejora del diseño de cocinas y mayor

remotas del país, lo que ha permitido que se ahore el equivalente de 21 millones de toneladas de leña por año (Times of India 2000).

La neblina y la lluvia ácida han sido problemas regionales cuya importancia ha crecido durante el último decenio, especialmente en Asia, a causa de que China e India dependen enormemente del carbón. En la Cuenca del Sichuan, en China, la lluvia ácida dañó cerca de 280.000 hectáreas de tierras forestales. Se calcula que las emisiones de SO₂ en Asia han aumentado de cerca de 26,6 millones de toneladas en 1985 a cerca de 39,2 millones en 1997 (Streets y otros 2000). Entre 1995 y 2000 hubo en China una reducción de 3,7 millones de toneladas (15,8 por ciento) en las emisiones de SO₂ (SEPA 2001). Por lo menos dos tercios de las deposiciones ácidas en la región son causadas por centrales eléctricas a carbón cuyos equipos de control de la contaminación son obsoletos.

Los problemas causados por la neblina predominan también en la región debido a los incendios de bosques en Asia Sudoriental. El caso más grave ocurrió en 1997, cuando los efectos de los incendios de bosques en Indonesia se extendieron a los países vecinos, entre ellos Brunei Darussalam, Papúa-Nueva Guinea, Filipinas, Singapur y Tailandia (UNEP 1999). En 1995, funcionarios de alto rango responsables del medio ambiente de la ASEAN establecieron un grupo técnico especial en neblina, el *Haze Technical Task Force*, y en 1997 se aprobó un plan de acción regional sobre la neblina (ASEAN 2001).

La Red de seguimiento de los depósitos ácidos en Asia Oriental (EANET), en la que participan diez países de Asia Oriental, comenzó la fase preparatoria de la vigilancia de las deposiciones ácidas en abril de 1998. En octubre de 2000 la Red decidió comenzar la vigilancia regular a partir de enero de 2001 (EANET 2000). En Asia Meridional, ocho países de la región adoptaron en 1998 la Declaración de Malé sobre el control y la prevención de la contaminación atmosférica y sus posibles efectos transfronterizos.

Agotamiento del ozono

El agotamiento de la capa de ozono estratosférico se ha transformado en un motivo de gran preocupación en la región. Datos provenientes de Australia y Nueva Zelanda muestran que los niveles de radiación ultravioleta en esos países parecieran estar aumentando a razón de un 10 por ciento por decenio (McKenzie, Connor y Bodeker 1999). Esto que significa que el tiempo promedio de exposición requerido para que un individuo sufra quemaduras de sol en Australia se ha reducido aproximadamente en un 20 por ciento durante los últimos 20 años.

India y China son los más grandes productores y usuarios de CFC en la región. El consumo de SAO en China aumentó más del 12 por ciento anual entre 1986 y 1994. India es el segundo productor y el cuarto consumidor de

La nube marrón asiática

En la primavera de 1999, los científicos que trabajaban en el proyecto Experimento del Océano Índico (INDOEX) descubrieron que una densa capa pardusca de neblina producida por contaminación cubría la mayor parte de Asia Meridional y Sudoriental, así como la región tropical del Océano Índico. Los investigadores rastrearon la neblina en un área de aproximadamente 10 millones de km², y piensan que se forma en gran parte del continente asiático. La neblina es una mezcla de contaminantes, principalmente de hollín, sulfatos, nitratos, partículas orgánicas, cenizas volátiles y polvo de minerales, formada por la quema de combustibles fósiles y biomasa rural. La neblina reduce hasta en un 10 por ciento la luz solar sobre la superficie del Océano Índico tropical, a miles de kilómetros de su fuente, y produce una reducción aun mayor sobre el subcontinente de India. Simulaciones realizadas con modelos del clima mundial señalan que la neblina podría afectar en gran medida la circulación de los monzones, las pautas de las precipitaciones pluviales regionales y el perfil vertical de la temperatura de la atmósfera.

Con el apoyo del PNUMA se ha lanzado un programa conocido por su sigla en inglés ABC (Asian Brown Cloud). El objetivo principal de la primera fase de este programa es estudiar los efectos de la neblina asiática sobre una serie de parámetros, entre ellos el cambio de los monzones, el balance hídrico, la agricultura y la salud. Los científicos tienen el plan de establecer una red de estaciones de observación terrestres a través del continente asiático a fin de estudiar la composición y la configuración estacional de la neblina. El PNUMA se ha comprometido a facilitar la continuidad del programa de investigaciones y, a largo plazo, a ayudar en la coordinación de las respuestas normativas que se formulen para hacer frente al problema.

Fuente: PNUMA (2001) y C4 y PNUMA (en prensa).

difusión de las mismas; la mejora en las condiciones de alojamiento; una mayor toma de conciencia y una mejor educación en materia de medio ambiente. Para hacer frente al problema de la contaminación del aire en los ambientes cerrados en la India, se han instalado aproximadamente 3 millones de fábricas de biogás y más de 22 millones de cocinas optimizadas en zonas rurales y

CFC en el mundo (UNEP 1998). El Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal y el FMAM han ayudado a la región para que pueda alcanzar los objetivos del Protocolo de Montreal. China se ha comprometido a eliminar el consumo de SAO para 2010. Ya ha prohibido el establecimiento de nuevas plantas productoras de CFC y halones, y ha elaborado planes generales y para sectores específicos con la ayuda del Banco Mundial y del Fondo Multilateral. Este último ha aprobado también un proyecto del Banco Mundial que ayudará a India a eliminar la producción de CFC para 2010.

Los países de Asia Central también han hecho avances considerables. Azerbaiyán, Turkmenistán y Uzbekistán están trabajando para lograr la eliminación del uso de SAO entre 2001 y 2003 (Oberthur 1999).

Emisiones de gases de efecto invernadero y cambios climáticos

El aumento del consumo anual per cápita de energía comercial fue del 1,9 por ciento en Asia Meridional y del 3 por ciento en Asia Oriental y el Pacífico entre 1980 y 1998 (World Bank 2001).

El dióxido de carbono (CO_2) es el principal gas de efecto invernadero antropógeno. Las emisiones de metano son también muy elevadas en Asia Meridional, y representan aproximadamente el 50 por ciento del total de emisiones mundiales antropógenas de CH_4 (UNDP, UNEP y WRI 1992). Las emisiones de CH_4 en Nueva Zelanda son en orden de magnitud más elevadas que el promedio mundial per cápita, debido principalmente a la

gran cantidad de animales rumiantes (MFE 1997).

Entre las zonas más amenazadas por los cambios climáticos se cuentan los ecosistemas marinos, los sistemas costeros, los asentamientos humanos y su infraestructura (IPCC 1998). Los países en las subregiones del Pacífico Noroccidental y Asia Oriental, así como los Estados de las Islas del Pacífico, podrían ser particularmente vulnerables a fenómenos como la subida del nivel del mar porque muchos de sus asentamientos humanos e instalaciones industriales están localizados en zonas costeras o de tierras bajas. Los cambios climáticos y los fenómenos meteorológicos violentos pueden tener efectos muy serios sobre la diversidad biológica terrestre, los cultivos de subsistencia y las fuentes forestales de alimentos en los pequeños países insulares en desarrollo. Las llanuras bajas costeras, islas y deltas densamente poblados e intensamente utilizados de Asia Meridional son especialmente vulnerables a la erosión costera y a la pérdida de tierra provocadas por inundaciones (de agua de lluvia y de mar), por el desplazamiento aguas arriba del frente que separa el agua salina del agua dulce, y por la intrusión del agua de mar en los acuíferos de agua dulce (IPCC 1998).

El FMAM y el PNUMA están promoviendo proyectos para ayudar a los países de la región a evaluar sus emisiones y a formular estrategias para reducirlas. Por ejemplo, los países que participan en el Proyecto para la reducción de los gases de efecto invernadero a menor costo en Asia (ALGAS) han identificado una serie de medidas que permitirían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la energía (GEF 2000).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, Asia y el Pacífico

- ADB (1999). *Urban Sector Strategy*. Manila, Asian Development Bank
- ADB (2001). *Asian Environment Outlook 2001*. Manila, Asian Development Bank
- ASEAN (2001). *Second ASEAN State of the Environment Report, 2001*. Jakarta, ASEAN Secretariat
- C4 and UNEP (in press). *The South Asian Brown Cloud: Climate and Other Environmental Impacts A UNEP Assessment Report*. Nairobi, United Nations Environment Programme
- EANET (2000). *Report of the Second Intergovernmental Meeting on the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)*. Niigata, Japan, Interim Network Centre, Acid Deposition and Oxidant Research Centre
- FAOSTAT (2001). *FAOSTAT Statistics Database*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/Geo-2-068>
- GEF (2000). *GEF Contributions to Agenda 21: the First Decade*. Washington DC, Global Environment Facility
- Government of Sri Lanka (1994). *State of the Environment, Sri Lanka*. Prepared for submission to the South Asian Co-operative Environmental Programme. Colombo, Government of Sri Lanka, Ministry of Forestry and Environment
- Holdren, J.P. and Smith, K.R., eds. (2000). *Energy, the Environment and Health*. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, United Nations Development Programme
- IPCC (1998). *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*. Cambridge, Cambridge University Press
- McKenzie R., Connor B., and Bodeker G. (1999). Increased summertime UV radiation in New Zealand in response to ozone loss. *Science*. 285, 1709-11
- MFE (1997). *New Zealand: The State of New Zealand's Environment 1997*. Wellington, Ministry for the Environment of New Zealand
- Oberthur, S. (1999). *Status of the Montreal Protocol Implementation in Countries with Economies in Transition*. Nairobi, UNEP and GEF
- Streets, D.G, Tsai, N.Y., Akimoto, H and Oka, K.(2000). Sulfur Dioxide Emissions in Asia in the Period 1985-1997. *Atmospheric Environment*. 34, 4413-24
- SEPA (2001). *Year 2000 Report on the State of the Environment in China*. Beijing, State Environmental Protection Administration of China
- Times of India (2000). Indian Ocean Haze traced to Chulha smoke, aerosols. *Times of India*. 17 October 2000, 9
- UN-ESCAP/ADB (2000). *State of the Environment in Asia and Pacific 2000*. New York, United Nations
- UNDP, UNEP and WRI (1992). *World Resources 1992-93*. New York and Oxford, Oxford University Press
- UNEP (1998). *OzoneAction*. 28, October 1998
- UNEP (1999). *GEO 2000*. United Nations Environment Programme. London and New York, Earthscan
- UNEP (2001). More Knowledge of Interactions between Asian Brown Haze, Global Warming and Ozone Urgently Needed Says UNEP. UNEP News Release 01/46 <http://www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=197&ArticleID=2813> [Geo-2-154]
- World Bank (2000). *World Development Indicators*. Washington DC, World Bank
- World Bank (2001). *World Development Indicators*. Washington DC, World Bank

Atmósfera: Europa

Contaminación atmosférica

En Europa fue donde primero se consideró la contaminación atmosférica como una de las amenazas a la salud humana y a los ecosistemas. Ya en 1979, en la reunión de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (ONU-CEE) en Ginebra, se firmó el Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (CLRTAP), que entró en vigor en 1983. El objetivo del Convenio es contener las emisiones antropogénicas de sustancias nocivas.

Consecuencias para la salud de la contaminación atmosférica causada por el transporte vial en Austria, Francia y Suiza

En una reciente evaluación de los efectos de la contaminación atmosférica en la salud, realizada en Austria, Francia y Suiza, se puso en evidencia que la contaminación causada por automóviles mata más gente que los accidentes de tránsito en estos tres países. La exposición prolongada a la contaminación atmosférica provocada por los automóviles causa anualmente 21.000 muertes prematuras por enfermedades respiratorias y cardíacas en la población de adultos mayores de 30 años. En comparación, el total anual de muertes por accidentes de tránsito en esos países asciende a 9.947. Además la contaminación atmosférica provocada por automóviles en los tres países causa anualmente 300.000 casos de bronquitis infantil, 15.000 casos cardíacos que requieren hospitalización, 395.000 ataques de asma en adultos y 162.000 en niños, y aproximadamente 16 millones de días-persona de actividades restringidas debido a dificultades respiratorias en la población adulta mayor de 20 años. El costo total de estos efectos en la salud asciende a 27.000 millones de euros por año, es decir, al 1,7 por ciento del PIB combinado de los tres países. Esto equivale a 360 euros anuales por persona (Kunzli y otros 2000).

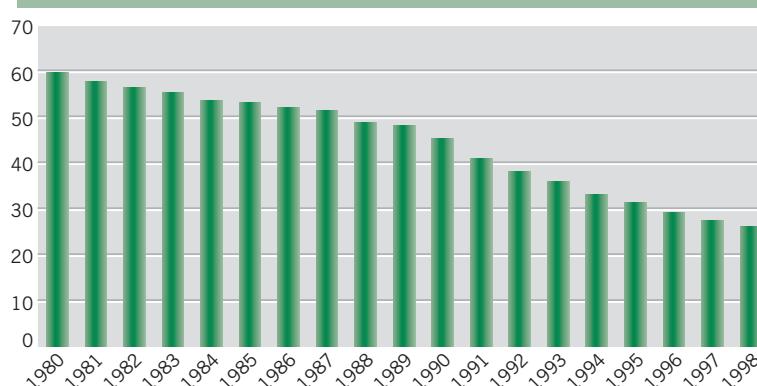
Los sectores y actividades principalmente responsables de contaminación atmosférica en Europa Occidental durante los tres últimos decenios han sido la energía, el transporte, la industria, la agricultura, el uso de solventes, y el almacenamiento y distribución de combustibles fósiles. En los países de Europa Central y Oriental los

sectores de la energía eléctrica y de la industria pesada han sido tradicionalmente los mayores contaminadores, mientras que el sector del transporte lo era sólo en las grandes ciudades. A comienzos de los años noventa la recesión económica produjo una disminución de la contaminación atmosférica en Europa Central y Oriental, pero al mismo tiempo hubo un gran aumento en el uso de los automóviles privados. Por ejemplo, aun durante los peores años de la recesión (1990-1994) el número de automóviles privados en Armenia, Rusia y Ucrania aumentó más del 100 por ciento (FSRFHEM 1996). Este rápido aumento ha hecho del transporte una de las causas cada vez más importantes de los problemas de calidad del aire que padecen Europa Central y Oriental.

Las emisiones de la mayoría de los contaminantes clave de la atmósfera han disminuido en toda Europa desde comienzos de los años 1980. Ya para el año 2000, las emisiones de los compuestos de azufre se habían reducido a menos de un tercio de los niveles de 1980 en Europa Occidental, y a dos tercios de dichos niveles en Europa Central y Europa Oriental. (EEA 2001a, UNEP 1999). Se observó además una recuperación importante del balance ácido natural del agua y los suelos, lo que se atribuye principalmente a la reducción de las emisiones de SO₂, pero estas emisiones siguen siendo todavía muy altas como para que se eviten consecuencias serias en los ecosistemas sensibles. Las cifras promedio, sin embargo, ocultan las grandes diferencias existentes entre países y subregiones. Entre 1990 y 1998, por ejemplo, las emisiones de SO₂ aumentaron un 7 por ciento en Grecia y un 3 por ciento en Portugal, mientras que se registraron disminuciones del 71 y 60 por ciento en Alemania y Finlandia respectivamente (EEA 2000). Las emisiones de NO_x y de NH₃ no han disminuido de manera significativa en Europa Occidental, con excepción del NO_x en Alemania y en el Reino Unido, pero las emisiones de NO_x se han reducido en muchos países de Europa Central y Oriental (Czech Environmental Institute y Ministry of the Environment 1996, EEA 2001b, GRID-Budapest 1999, GRID-Warsaw 1998, Interstate Statistical Committee 1999, OECD 1999a, UNECE/EMEP/MSC 1998). La falta de vigilancia de las emisiones de metales pesados, COP y partículas en suspensión no permite establecer de manera convincente las tendencias imperantes, pero es claro que la materia particulada y los precursores de ozono troposférico siguen presentando problemas serios (EEA 2000).

En Europa Occidental, las emisiones de SO₂, NO_x y NH₃ se han desconectado claramente del crecimiento del PIB, lo que significa un cierto grado de eficacia de las medidas adoptadas (EEA 2001a). En algunos de los países de Europa Central y Oriental que posiblemente entrarán en la primera tanda de adhesión a la Unión Europea (UE), la reestructuración económica y las inicia-

Emisiones de SO₂ en países del EMEP (millones de toneladas por año)



Durante el periodo 1980-98, las emisiones de SO₂ de los países miembros del Programa de cooperación para la vigilancia continua y la evaluación del transporte a gran distancia de contaminantes atmosféricos en Europa (EMEP) se redujeron en un 56 por ciento.

Fuente: Vestreng y Støren 2000.

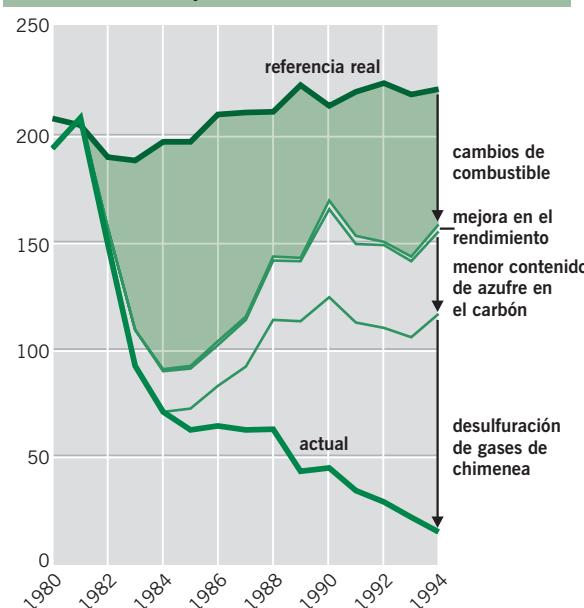
tivas ambientales parecen haber tenido también un efecto positivo en la reducción de la contaminación atmosférica. En otros países de Europa Central y Europa Oriental, el principal factor en la reducción de la contaminación atmosférica parecería haber sido la caída de la producción industrial como consecuencia de la recesión (OECD 1999a y b, UNECE 1999). En países como Rusia y Ucrania, las emisiones por unidad de PIB han aumentando realmente, pero el efecto ha sido disimulado por la caída general del PIB (SCRFEP 1999).

Es evidente que las reducciones en las emisiones se deben, al menos parcialmente, a las medidas nacionales y locales adoptadas para lograr las metas establecidas por el Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (CLRTAP) y sus Protocolos, y a las directivas de la UE en materia de emisiones contaminantes de la atmósfera, tales como la Directiva sobre la limitación de las emisiones de ciertos contaminantes atmosféricos provenientes de grandes instalaciones de combustión (1988) y las diversas directivas sobre emisiones producidas por vehículos, cambio a gasolina sin plomo, mayor calidad de los combustibles diesel y mejor diseño de los motores. A pesar de estos claros avances, no se han logrado todavía muchas metas relativas a la reducción de contaminantes atmosféricos. En Europa Occidental sólo se lograron las metas en materia de SO₂ establecidas por la UE y la Convención sobre contaminación atmosférica transfronteriza antes de la fecha límite (que era fines de 2000); menos avances se han logrado con respecto a NO_x, NH₃ y COV. Se espera que dos medidas europeas recientes logren mayores reducciones de contaminantes atmosféricos: la Propuesta de directiva de la UE por la que se fijan los límites nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos (NECD), y el Protocolo al CLRTAP para reducir la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico. En muchos países europeos será necesario adoptar medidas adicionales si se quiere lograr las metas propuestas por la NECD y el Protocolo al CLRTAP. En Europa Occidental, medidas de tipo «no técnico» para controlar la contaminación, como el cobro al uso de las carreteras o aprobar incentivos fiscales, han adquirido mayor importancia (EC 2000). Pero en muchos países de Europa Central y Oriental es poco probable que los organismos de protección del medio ambiente, que son actualmente débiles, sean capaces de hacer cumplir estrategias eficaces de reducción de la contaminación atmosférica en un futuro próximo (OECD 1999b).

Agotamiento del ozono estratosférico

El espesor de la capa de ozono sobre Europa ha disminuido de manera mensurable desde los años ochenta. Aunque la pérdida promedio de ozono en las latitudes medias es

Emissions de SO₂ (en miles de toneladas): Articulación de las políticas con la reducción de emisiones en los Países Bajos



En los Países Bajos el cambio de petróleo a gas natural como combustible produjo una neta disminución de las emisiones de SO₂ hasta mediados de los años ochenta, época en que el aumento en el uso del carbón invirtió la tendencia. Desde 1983 se ha reducido el contenido de azufre en el carbón, y en 1986 se comenzaron a instalar unidades de desulfuración de gases de chimenea en las centrales eléctricas holandesas. Alrededor de 1996 el 96 por ciento de las mismas estaba ya equipada con dichas unidades.

Nota: la línea de referencia en la parte superior del diagrama se basa en la electricidad producida.

Fuente: EEA 2000.

del 6 por ciento en invierno y primavera, la pérdida puede ser mucho mayor en ciertos momentos. Por ejemplo, en la primavera de 1995, luego de un invierno ártico extraordinariamente frío, las concentraciones de ozono sobre Europa fueron entre el 10 y 12 por ciento inferiores a las corrientes a mediados de los setenta. El invierno de 1995-96 fue aun más frío y las concentraciones de ozono sobre el Reino Unido disminuyeron casi el 50 por ciento en la primera semana de marzo, lo que constituye el nivel más bajo registrado allí (UNEP 2000). Todo ello dio como resultado un aumento de la radiación ultravioleta en Europa entre 1980 y 1997, con índices claramente más elevados en la región nororiental (EEA 1999, Parry 2000).

Como consecuencia de la implementación de la Convención de Viena y de su Protocolo de Montreal, la producción de SAO en Europa Occidental disminuyó casi en un 90 por ciento, pero la producción de hidroclorofluorocarbonos (HCFC) aumentó (EC 1999, UNEP 1998). La transición política y económica por la que atraviesa Europa Central y Oriental ha demorado la eliminación de la producción y consumo de SAO, pero se está avanzando. Se han canalizado grandes sumas por intermedio del FMAM durante los años 1990 para ayudar a mejorar las tecnologías que favorecen el uso de sustancias inocuas para el ozono. Un hito importante para los países con economías en transición fue la cesación de la producción de las SAO enumeradas en los Anexos A y B del Protocolo de Montreal por parte de la Federación de Rusia, que era el mayor productor en la región en diciembre de 2000 (UNEP 2001).

Emisiones de gases de efecto invernadero

Aunque muchos países europeos proponen con entusiasmo un tratado sobre cambios climáticos mundiales, la región sigue siendo un emisor importante de gases de efecto invernadero. La mayor parte de las emisiones de CO₂ provienen de la quema de combustibles fósiles (ETC/AE 2000, OECD 1999b). El sector de la energía (electricidad y calefacción) es el contribuyente principal (32 por ciento de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea), pero el transporte, la combustión y la industria manufacturera y pesada tienen también un papel importante (ETC/AE 2000).

Las emisiones de gases de efecto invernadero disminuyeron en un 2 por ciento en la UE entre 1990 y 1998 (EEA 2001a), principalmente como resultado de la estabilización de las emisiones de CO₂ y de la reducción de las emisiones de N₂O y de metano. Gran parte de esta disminución se pudo atribuir a Alemania, donde fue resultado de la mayor eficiencia de las nuevas centrales eléctricas, los ahorros de energía en hogares e industrias, y la reestructuración económica en la antigua Ale-

mania Oriental; y al Reino Unido, donde fue resultado del cambio del carbón al gas natural. En Europa Occidental generalmente no ha habido una relación bien clara entre emisiones, crecimiento económico y consumo de energía gracias a una combinación del uso cada vez más eficiente de la energía con los efectos de las políticas y medidas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (ETC/AE 2000). A pesar de ello, será difícil lograr las metas del Protocolo de Kioto (EEA 2001a).

La transformación económica en Europa Central y Europa Oriental contribuyó a una disminución importante de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas. En 2000, las emisiones de CO₂ eran 8 por ciento inferiores a los niveles de 1990 en nueve de los países de dichas regiones (ETC/AE 2000). La reestructuración económica y las medidas ambientales parecen haber tenido un cierto efecto en la reducción de CO₂ en algunos países de Europa Central y Europa Oriental (OECD 1999a), pero en la mayoría de ellos la recesión y la disminución de la producción industrial parecen haber sido los factores principales en la reducción de CO₂ (OECD 1999a y b, UNECE 1999).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, Europa

- Czech Environmental Institute and Ministry of the Environment (1996). *Environment Year Book of the Czech Republic 1995*. Prague, Czech Statistical Office
- EC (1999). *Statistical Factsheet - Ozonedepleting Substances*. Brussels, European Commission
- EC (2000). *A Review of the Auto-Oil II Programme*. (COM 2000) 626 final. Brussels, European Commission
- EEA (1999). *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. Environmental Assessment Report No. 2. Copenhagen, European Environment Agency
- EEA (2000). *Environmental Signals 2000*. Environmental Assessment Report No. 6. Copenhagen, European Environment Agency
- EEA (2001a). *Environmental Signals 2001*. Environmental Assessment Report No. 8. Copenhagen, European Environment Agency
- EEA (2001b). *Databases on Air Quality and Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases in Europe*. European Topic Centre on Air and Climate Change <http://etc-acc.eionet.eu.int/databases> [Geo-2-005]
- ETC/AE (2000). *European Community and Member States Greenhouse Gas Emission Trends 1990-1998*. Topic report No. 6/2000. European Topic Centre for Air Emissions. Copenhagen, European Environment Agency
- FSRFHEM (1996). *Review of Environmental Pollution in the Russian Federation in 1995*. Moscow, Federal Service of the Russian Federation for Hydrometeorology and Environmental Monitoring
- GRID-Budapest (1999). *State of the Environment in Hungary*. Budapest, GRID-Budapest GRID-Warsaw (1998). *State of the Environment in Poland*. State Inspectorate for Environmental Pollution <http://pios.gov.pl/raport/ang> [Geo-2-006]
- Interstate Statistical Committee (1999). *Official Statistics of the Countries of the Commonwealth of Independent States*. CD Rom. Moscow, Interstate Statistical Committee of the Commonwealth of Independent States
- Kunzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak Jr, F., Puybonnieux-Texier, V., Quenel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J-C. and Sommer, H. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*. 356, 795-801
- OECD (1999a). *Environment in the Transition to a Market Economy: Progress in Central and Eastern Europe and the New Independent States*. Paris, OECD Centre for Cooperation with Non-Members
- OECD (1999b). *Environmental Data*. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development
- Parry, M.L. (2000). *Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe: Summary and Conclusions*. Norwich, Jackson Environment Institute, University of East Anglia
- SCRFEP (1999). *National Report on the State of the Environment in the Russian Federation in 1999*. Moscow, State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection
- UNECE and EMEP/MSC-W (1998). *Transboundary Acidifying Air Pollution in Europe, Report 1/98*. Oslo, Norwegian Meteorological Institute
- UNECE (1999). *Economic Survey of Europe, 2000*. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe
- UNEP (1998). *Production and consumption of ozone-depleting substances 1986-1996*. Nairobi, United Nations Environment Programme
- UNEP (1999). *GEO 2000*. United Nations Environment Programme. London and New York, Earthscan UNEP (2000). *Action on Ozone*. Nairobi, United Nations Environment Programme
- UNEP (2001). *Report of the 21th Meeting of the Open-Ended Working Group of the Parties to the Montreal Protocol*. 24-26 July 2001. United Nations Environment Programme <http://www.unep.org/ozone/pdf/21oewg-4.pdf> [Geo- 2-007]
- Vestreng, V., and Støren, E. (2000). *Analysis of UNECE/EMEP Emission Data. MSC-W Status report 2000*. EMEP/MSC_W Note 1/00. Research Note No. 37. Oslo, Norwegian Meteorological Institute

Atmósfera: América Latina y el Caribe

La contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales más críticos en la región de América Latina y el Caribe en razón de sus repercusiones en la salud humana, especialmente en zonas urbanas. La rápida urbanización, el crecimiento demográfico, la industrialización y el número creciente de vehículos automotor son las causas principales de la contaminación atmosférica. La región es también propensa a sufrir las consecuencias del agotamiento de la capa de ozono estratosférico.

Calidad del aire

Cerca de los tres cuartos de la población de América Latina y el Caribe viven en ciudades. Varias megalópolis del mundo, como Buenos Aires, México DF, Río de Janeiro y San Pablo, cada una de las cuales tiene más de 10 millones de habitantes, están situadas en la región. El crecimiento económico de estos centros urbanos ha causado el aumento de la contaminación atmosférica (especialmente de CO, NO_x, SO₂, O₃ troposférico, hidrocarbonos y partículas en suspensión) y de las repercusiones sobre la salud humana que le están asociadas (UNEP 2000). En la actualidad el problema se ha extendido más allá de las grandes ciudades, y está afectando también a ciudades medianas y a islas pequeñas (Dalal 1979, Romieu, Weitzenfeld y Finkelman 1990). El sector del transporte es una de las principales fuentes de contaminación atmosférica: el 70 por ciento de las emisiones en Buenos Aires (PAHO 1998) y en la ciudad de México (INEGI 1998) están asociadas con el transporte. El número de automóviles se cuadriplicó en México DF entre 1970 y 1996 (CEPAL 2000a). La industria, la agricultura y el sector municipal son también fuentes de contaminación atmosférica. En Santiago las fuentes más importantes son el transporte y las empresas pequeñas y medianas (IMO 1995). Además, ciertas condiciones topográficas y meteorológicas desfavorables aumentan los efectos de la contaminación en algunas ciudades: el Valle de México obstruye la dispersión de contaminantes provenientes del área metropolitana, y el mismo efecto producen las montañas que rodean Santiago (CEPAL 2000b).

El crecimiento de los sectores de la industria, la agricultura y el transporte durante los últimos 30 años se ha visto acompañado de un aumento constante de las emisiones de CO₂, el cual se ha calculado próximo al 65 por ciento entre 1980 y 1998 (UNEP 2001a). Se estima que en 1991-92 la región producía cerca del 11 por ciento de las emisiones antropógenas mundiales de CO₂: el 4,5 por ciento de las emisiones industriales mundiales y el 48,5 por ciento de las emisiones provenientes del cambio del uso de la tierra (UNDP, UNEP, World Bank y WRI 1996). Se piensa que la deforestación es la principal causa de las

La contaminación atmosférica aumenta la mortalidad

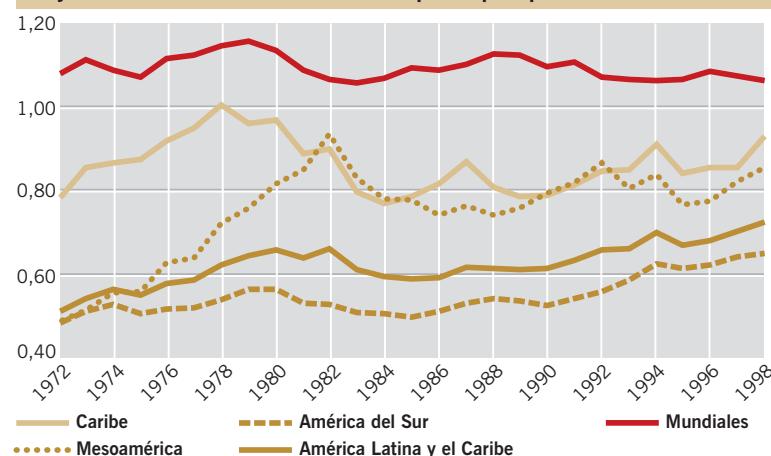
En 1992, se calculaba que 76 millones de personas residentes en ciudades estaban expuestas a concentraciones de contaminantes que excedían las directrices de la OMS. Se estimaba que en San Pablo y Río de Janeiro la contaminación atmosférica era responsable de 4.000 muertes prematuras por año (CETESB 1992). Estudios realizados en Brasil, Chile y México han mostrado que un aumento de 10 mg/m³ en la concentración de PM₁₀ (partículas cuyo diámetro es de 10 μ o menos) en la atmósfera coincide con un aumento del 0,6 al 1,3 por ciento de mortalidad en la población mayor de 65 años (PAHO 1998).

emisiones en la región, particularmente en la cuenca del Amazonas (UNEP 1999). La deforestación y la cría de ganado (esta última es un factor importante en Argentina, Chile y Uruguay) son también causa de una enorme emisión regional de metano: aproximadamente el 9,3 por ciento del total mundial (UNFCCC-SBI 2000).

El promedio de las emisiones industriales de carbono en la región era de 0,73 toneladas anuales per cápita en 1998, un poco más bajo que el promedio mundial de 1,06 toneladas (Marland, Boden y Andres 2001). México es el mayor emisor de carbono en la región.

Los contaminantes industriales provienen en su mayor parte de los combustibles utilizados en el sector de la producción de electricidad, aunque las emisiones de metales pesados como plomo y mercurio son también considerables (PAHO 1998). Las emisiones provenientes de refinerías son también importantes en los países productores de petróleo; por ejemplo, en la ciudad de México casi el 60 por ciento de las emisiones de SO₂ se originan en instalaciones industriales, entre las cuales se incluyen las refinerías de petróleo existentes en la zona metropolitana (INEGI 1998). Las actividades mineras causan el deterioro local de la calidad del aire en muchos países (PAHO 1998).

Emisiones de dióxido de carbono per cápita: América Latina y el Caribe (toneladas de carbono per cápita por año)



El promedio de emisiones industriales de carbono en América Latina y el Caribe en 1998 era de 0,73 toneladas por año, mientras que el promedio mundial era de 1,06 toneladas.

Fuente: Recopilación a partir de Marland, Boden y Andres 2001.

La ciudad de México frente a la contaminación atmosférica

Estudios realizados en México DF, una de las mayores megalópolis del mundo, han mostrado que hay una estrecha correlación entre la contaminación atmosférica urbana y la aceleración de las enfermedades pulmonares, el proceso de envejecimiento en los pulmones y las infecciones respiratorias (Loomis y otros 1999, PAHO 1998, WHO 1999). En 1990 se lanzó un programa integral para hacer frente a la contaminación atmosférica en el Valle de México, cuyos objetivos eran la mejora de la calidad de los combustibles, la promoción del transporte público, la reducción de las emisiones causadas por vehículos, la industria y los servicios, y la reforestación. El Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (Proaire) 1995-2000, introdujo nuevas actividades en el plano de la vigilancia, la educación y la participación pública. Entre otras iniciativas cabe mencionar el Fideicomiso Ambiental del Valle de México, que se mantiene con ingresos provenientes de impuestos a la gasolina y que financia actividades cuyo objetivo es la mejora de la calidad del aire, la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), el Programa de Contingencias Ambientales (PCA), el programa «Un día sin auto», un programa de reforestación y la educación sobre el medio ambiente en la zona metropolitana de México (CEPAL 2000a).

Otras fuentes de contaminación atmosférica tienen efectos locales o subregionales, entre las que se cuentan el uso de plaguicidas en la agricultura y las partículas provenientes de la erosión del suelo y de la combustión de biomasa transportadas por aire. Estudios realizados en Colombia y en Ecuador a comienzos de los años 1990 revelaron que más del 60 por ciento de los obreros agrícolas que trabajaban en la producción para mercados extranjeros presentaba síntomas de envenenamiento agudo con plaguicidas (dolores de cabeza, alergias, mareos, dermatitis, visión borrosa), mientras que otros sufrían de efectos crónicos graves (alumbramientos de criaturas muertas, abortos, y problemas respiratorios y neurológicos). Las consecuencias podían afectar también a las poblaciones vecinas, como se pudo comprobar en los campos de algodón en Nicaragua y en las plantaciones de café en Costa Rica (UNDP, UNEP, World Bank y WRI 1998, UNEP 2000).

Los incendios forestales son otra fuente importante de contaminación atmosférica y a veces tienen efectos significativos a gran distancia (CCAD y UICN 1996, Nepstad y otros 1997). En 1997, por ejemplo, el humo proveniente de incendios en Guatemala, Honduras y México erró a través de gran parte del sudeste de Estados Unidos, obligando a las autoridades de Texas a lanzar alertas sanitarias a la población (UNEP 2000).

Cerca de un quinto de la población en América Latina y el Caribe hace un gran uso de la biomasa como combustible hogareño, lo que causa contaminación del aire interior. Esto afecta principalmente a mujeres, niños y personas de edad que permanecen dentro de las casas por largos períodos. En Colombia y México, por ejemplo, las mujeres que usan biomasa para cocinar son 75 veces más vulnerables a contraer enfermedades pulmonares crónicas que el promedio de las personas (UNDP, UNEP, World Bank y WRI 1998). En la región, y anualmente, la contaminación atmosférica es responsable de 2,3 millones de casos de enfermedades respiratorias crónicas en

nios y de 100.000 casos de bronquitis crónica en adultos (CEPAL 2000b).

En los últimos decenios se han hecho esfuerzos considerables para hacer frente a la contaminación atmosférica, especialmente en las zonas urbanas (véase el cuadro), mediante estrategias que incluyen control de emisiones, cambio de combustibles y control de situaciones de emergencia. En Santiago las emisiones de partículas en suspensión, y el número de días en que sonaban las alarmas o se declaraba situación de emergencia, se han reducido de manera considerable durante el último decenio; las concentraciones de PM₁₀ y de PM_{2,5} disminuyeron un 24,1 y un 47,4 por ciento respectivamente entre 1989 y 1999 (CAPP 2000). Esto se debe en gran parte a la implementación de un plan iniciado en 1990 que incluía el control de las emisiones domésticas e industriales, el desarrollo de la capacidad de vigilancia, la supresión de autobuses altamente contaminadores, el control de la circulación y emisiones de autobuses, la introducción de convertidores catalíticos en automóviles, la mejora de los combustibles para motores y el pavimentado de las calles (CEPAL 200c, O’Ryan y Larraguibel 2000).

No obstante los avances realizados, la contaminación del aire urbano sigue siendo un motivo serio de preocupación, aun en ciudades medianas y pequeñas, a causa del continuo crecimiento del sector del transporte y de la industria, unido a la falta de vigilancia y reglamentación adecuadas. El crecimiento del número de vehículos debido al aumento de los ingresos reales y a la eliminación de aranceles podría llegar a anular los avances hechos para mejorar la calidad del aire. Se piensa que, para 2010, el 85 por ciento de la población vivirá en zonas urbanas, razón por lo cual la lucha contra la contaminación atmosférica y la prevención de sus efectos negativos para la salud serán objetivos prioritarios en cada uno de los países de la región.

Problemas atmosféricos mundiales

El agotamiento del ozono es un problema importante para la región, especialmente para los países cercanos al agujero de ozono de la Antártida, como Argentina y Chile. Luego de la ratificación del Protocolo de Montreal, los gobiernos, en colaboración con el sector privado y otras partes interesadas, adoptaron reglamentaciones, establecieron instituciones y tomaron medidas para eliminar las SAO: Brasil detuvo su producción en 1999 (MMA 2001); otros países que todavía producen CFC, como Argentina, México (actualmente el mayor productor regional de SAO) y Venezuela han formulado políticas para reducir tanto la producción como el consumo de SAO. En contraste con lo que ocurre en otras regiones en desarrollo, la región de América Latina y el Caribe ha reducido la producción total de CFC en aproximadamen-

te un 21 por ciento respecto de los niveles de 1986 (UNEP 2001b).

Los cambios climáticos mundiales pueden afectar gravemente a la región, dada su vulnerabilidad ecológica y socio-económica. Los cambios en el ciclo del agua pueden constituir un peligro para las zonas áridas y semiáridas, y afectar de esta manera la producción de cereales y la cría de ganado, así como la generación de energía hidroeléctrica en países como Argentina, Chile, Costa Rica y Panamá. Los litorales y los ecosistemas costeros en América Central, Argentina, Uruguay y Venezuela podrían verse afectados, y la infraestructura costera podría sufrir daños. Muchas de las grandes zonas urbanas son altamente vulnerables a la subida del nivel del mar, especialmente los puertos mayores. Los pequeños estados insulares del Caribe serán probablemente los

primeros que sufrirán la subida del nivel del mar. También podrían haber repercusiones sobre la salud a causa de un incremento de los vectores de enfermedades epidémicas, junto con el de otras infecciones gastrointestinales (PAHO 1998).

Los países de la región no tienen compromisos en el marco de la UNFCCC o del Protocolo de Kioto. Las iniciativas de mitigación y de adaptación incluyen las medidas de ahorro de energía en los sectores del transporte, la agricultura y la gestión de residuos, el desarrollo de fuentes renovables de energía y de sumideros de carbono, principalmente bosques. En varios países, entre ellos Barbados, Costa Rica y Jamaica se explota la energía eólica. En Jamaica se ha construido una central de demostración de 2 MW que funciona por conversión de energía termal oceánica (UNEP 2000).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, América Latina y el Caribe

- CAPP (2000). *Estado del Medio Ambiente en Chile - 1999: Informe País*. Santiago, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile
- CCAD and IUCN (1996). *Reducción del Efecto Invernadero Mediante la Limitación y Absorción del CO₂ en América Central: Propuesta Plan de Prevención y Combate de Incendios Forestales en América Central*. San José, Costa Rica, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Consejo Centroamericano de Bosques y Áreas Protegidas, Unión Mundial para la Naturaleza, Oficina para Mesoamérica San José, Costa Rica
- CEPAL (2000a). *De la Urbanización Acelerada a la Consolidación de los Asentamientos Humanos en América Latina y el Caribe*. Regional Conference for Latin America and the Caribbean preparatory to the extraordinary session on the examination and general evaluation of the application of the Habitat Programme, CEPAL/HABITAT, LC/G.2116
- CEPAL (2000b). *Conciencia Ciudadana y Contaminación Atmosférica: Estado de Situación en la Ciudad de México*. CEPAL, LC/R. 1987. Santiago, Economic Commission for Latin America and the Caribbean
- CEPAL (2000c). *Conciencia Ciudadana y Contaminación Atmosférica: Estado de Situación en el Área Metropolitana de Santiago de Chile*. CEPAL, LC/R. 2022. Santiago, Economic Commission for Latin America and the Caribbean
- CETESB (1992). *Relatório de Qualidade do Ar em São Paulo*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- Dalal, R.C. (1979). Composition of Trinidad Rainfall. Water Resource Research. 15, 1217-23
- IMO (1995). *Global Waste Survey - Final Report*. Manila, International Maritime Organization
- INEGI (1998). *Estadísticas del medio ambiente. Mexico, 1997*. Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- Loomis, D., Castillejos, M., Gold, D.R., McDonnell, W. and Borja-Abruto, V.H. (1999). Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology*. 10, 118-23
- Marland, G., Boden, T.A. and Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_amd.html [Geo-2-046]
- MMA (2001). *Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e do Consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio*. Ministério de Meio Ambiente, Brasil [http://www.mma.gov.br/port\(ascom/imprensa/maio2000/informma54.html](http://www.mma.gov.br/port(ascom/imprensa/maio2000/informma54.html) [Geo-2-047]
- Nepstad, D.N., Klink, C.A., Uhl, C., Vieira, I.C., Lefebvre, P., Pedlowksi, M., Matricardi, E., Negreiros, G., Brown, I.F., Amaral, E., Homma, A. and Walker, R. (1997). Land-use in Amazonia and the Cerrado of Brazil. *Ciencia e Cultura - Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*. 49, 1/2, 73-86
- O'Ryan, R. and Larraguibel, L. (2000). Contaminación del Aire en Santiago: Estado Actual y Soluciones. Santiago, Universidad de Chile
- PAHO (1998). *Health in the Americas. 1998 Edition*. Scientific Publication No. 569. Washington DC, Pan-American Health Organization
- Romieu, I., H., Weitzman and Finkelman, J. (1990). Urban air pollution in Latin America and the Caribbean: Health Perspectives. *World Health Statistics Quarterly*. 43, 153-167
- UNDP, UNEP, World Bank and WRI (1998). *World Resources 1998-99*. Washington DC, World Resources Institute
- UNEP (1999). *GEO 2000*. United Nations Environment Programme. London and New York, Earthscan
- UNEP (2000). *GEO Latin America and the Caribbean Environment Outlook*. Mexico City, United Nations Environment Programme, Regional Office for Latin America and the Caribbean
- UNEP (2001a). *GEO: Environmental Statistics for Latin America and the Caribbean (work in progress)*. *Estadísticas ambientales de América Latina y el Caribe (trabajo en proceso)*. Mexico City, United Nations Environment Programme, Regional Office for Latin America and the Caribbean
- UNEP (2001b). *Report of the Secretariat on Information Provided by the Parties in Accordance with Article 7 of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. 13th Meeting of the Parties to the Montreal Protocol, 16, 19 October 2001, Colombo, Sri Lanka. UNEP/OzL.Pro.13/3 <http://www.unep.org/ozone/13mop-before.shtml> [Geo-2-155]
- UNFCCC-SBI (2000). *National Communications from Parties not Included in Annex I to the Convention. Second Compilation and Synthesis of Initial National Communications from Parties not Included in Annex I to the Convention. Note by the Secretariat*. FCCC/SBI/2000/15, 24 October. Bonn, United Nations Framework Convention on Climate Change, Scientific Body for Implementation
- WHO (1999). *Air Quality Guidelines*. Geneva, World Health Organization

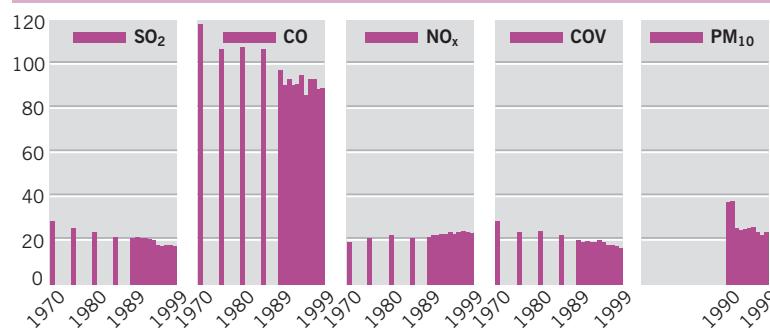
Atmósfera: América del Norte

Calidad del aire

Durante los últimos treinta años han habido mejoras notables en la calidad del aire tanto en el nivel regional como local en América del Norte. Los niveles de muchos contaminantes atmosféricos se han reducido; las tendencias que se manifiestan en Estados Unidos (véase el cuadro de barras) son representativas de la región.

Los programas de control de la lluvia ácida contribuyeron a la reducción impresionante de las emisiones de azufre que tuvo lugar desde 1995, la cual alcanzó niveles de entre el 10 y el 25 por ciento en algunas partes del noreste de Estados Unidos (US EPA 2000a). Hay pruebas recientes, sin embargo, de que muchas zonas sensibles siguen recibiendo deposiciones ácidas que superan su capacidad de asimilación, y de que el daño causado por esas deposiciones puede ser más grave de lo que se creyó anteriormente (CEC 2000, Munton 1998).

Emisiones de los contaminantes más importantes: Estados Unidos (millones de toneladas por año)



Las emisiones de muchos contaminantes atmosféricos se han reducido durante los últimos 30 años, particularmente las de CO, COV y SO₂.

Fuente: US EPA 2001.

Nuevas preocupaciones han surgido acerca del ozono troposférico y de las partículas finas en suspensión, la emisión de las cuales no ha disminuido de manera tan acentuada como la de otros contaminantes.

El ozono troposférico (ozono a nivel del suelo O₃) es un contaminante atmosférico común, generalizado y nocivo (véase el recuadro). La quema de combustibles fósiles es la principal fuente de NO_x, y el sector del transporte es por sí solo responsable del 60 por ciento de las emisiones de NO_x en Canadá (Hancey 1999) y del 53 por ciento en Estados Unidos (US EPA 2000b).

Entre 1984 y 1991, se excedió la norma de 0,082 ppm por periodo de una hora para las concentraciones de ozono, establecida por una directriz de Canadá, por lo menos una vez en todas las ciudades importantes de ese país (EC 2000a), y en Estados Unidos, decenas de millones de personas vivían en zonas donde la norma de 0,120 ppm por hora para las concentraciones de ozono se excedió regularmente (US EPA 2000b). Las medidas de control impuestas en los años setenta se concentraron princi-

Ozono troposférico en América del Norte

Investigaciones científicas realizadas durante el último decenio han demostrado que el O₃ es mucho más nocivo para la salud de lo que previamente se pensaba. Aun concentraciones medianas de O₃ pueden exacerbar el asma y otras enfermedades respiratorias, inhibir el sistema inmune o interferir con el mismo, especialmente en niños, personas mayores y gente que practica deportes al aire libre (OMA 2000). Las investigaciones científicas en Canadá y Estados Unidos comprueban una y otra vez que hay una correlación entre el número de hospitalizaciones y el absentismo de trabajadores por un lado, y los casos de altos niveles de concentración de O₃, por el otro (CEC 1997).

palmente en la reducción de COV y, en ciertos casos, en la reducción de emisiones de NO_x producidas por fábricas y vehículos en regiones muy afectadas. En muchos casos, sin embargo, los controles no lograron reducir las concentraciones de ozono lo suficiente como para cumplir con las normas nacionales de salud (US EPA 1997a).

Se ha comprobado que las moléculas de ozono se desplazan a grandes distancias de sus fuentes emisoras, el radio típico de desplazamiento del O₃ troposférico es de 240 a 800 km (CEC 1997). Entre el 30 y el 90 por ciento del O₃ en el este de Canadá proviene de Estados Unidos; por su parte la provincia de Ontario, la zona de Canadá que sufre más gravemente el problema causado por O₃, es una fuente de NO_x que los vientos transportan al noreste de Estados Unidos (EC 2000a).

Las centrales eléctricas a combustibles fósiles son las mayores fuentes localizadas de NO_x, pues los penachos de dichas centrales forman y transportan cantidades importantes de O₃. Además, aunque las emisiones de VOC disminuyeron en Estados Unidos durante los últimos treinta años, las emisiones de NO_x aumentaron en un 17 por ciento entre 1970 y 1999 (US EPA 2000b). En América del Norte, estas constataciones han hecho que se reconozca la necesidad de adoptar estrategias energéticas para reducir las emisiones de NO_x en la región y de que los dos países trabajen en cooperación.

En conformidad con el Acuerdo entre el Gobierno de Canadá y el Gobierno de Estados Unidos de América sobre la Calidad del Aire (1991), ambos países fijaron metas para reducir las emisiones de NO_x, y en octubre de 2000 firmaron un anexo al Acuerdo comprometiéndose a reducir las emisiones fronterizas de NO_x causadas por centrales eléctricas a combustibles fósiles (EC 2000b). También elaboraron en 1995 la Estrategia de América del Norte para la Investigación del Ozono Troposférico (NARSTO), y firmaron en 1999 el Protocolo al CLRTAP para reducir la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico.

El reconocimiento de que la exposición al ozono en concentraciones por debajo de 0,08 ppm produce consecuencias graves para la salud ha acelerado la revisión de las normas de salud para el ozono tanto en Canadá como en Estados Unidos (EC 2000a, US EPA 1997b). Aunque los niveles de partí-

Consecuencias para la salud de la contaminación atmosférica en América del Norte

La contaminación atmosférica se está confirmado como uno de los factores clave de algunas de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Cerca de 80 millones de ciudadanos de Estados Unidos están expuestos a niveles de contaminación atmosférica que pueden perjudicar su salud y más del 2 por ciento de todas las muertes anuales se puede atribuir a la contaminación atmosférica (UNDP, UNEP, World Bank y WRI 1998). La contaminación atmosférica está también asociada con el aumento alarmante de la frecuencia de casos de asma en niños y adultos jóvenes durante los dos últimos decenios. Más de 5,5 millones de niños en América del Norte padecen de asma. Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de los niños es un problema prioritario en América del Norte.

culas en suspensión han disminuido en un 40 por ciento desde 1980, las investigaciones científicas recientes han suscitado serias preocupaciones sobre los peligros para la salud que plantean, aun dentro de los límites permitidos, las concentraciones de las partículas más finas transportadas por aire que son emitidas principalmente por vehículos y centrales eléctricas. Como consecuencia de ello, se han readjustado las normas para materia particulada en América del Norte (EC 1999, EC 2000a, OMA 2000).

Agotamiento de la capa de ozono estratosférico

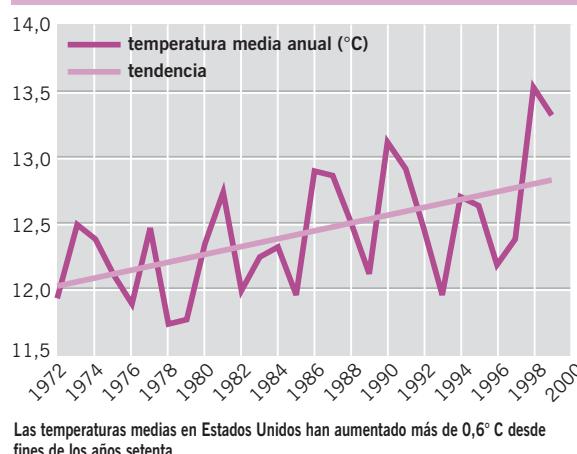
Las zonas septentrionales de América del Norte han sufrido un grave agotamiento de la capa de ozono estratosférico. De conformidad con el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, firmado en 1987, ambos países se comprometieron a tomar medidas para proteger la capa de ozono estratosférico. En Canadá, las reglamentaciones estrictas que se aprobaron en 1990 y que se reformularon en 1999 redujeron la producción de SAO más rápidamente de lo que exigía el protocolo, pasándose de un máximo anual de 27.800 toneladas en 1987 a 900 toneladas por año en 1996 (EC 2001). En Estados Unidos, el uso y comercialización de SAO están controlados mediante un sistema de permisos de comercialización y la aplicación de un impuesto sobre esas sustancias. El aumento del precio de las SAO que siguió a estas medidas alentó el uso de sustancias alternativas. Para 1996 ambos países habían reducido a cero el consumo no esencial de CFC (Potts 2001).

Gases de efecto invernadero y cambios climáticos

A partir de 1972 se ha notado en América del Norte un calentamiento considerable del clima, que refleja una tendencia mundial. Aproximadamente la mitad del aumento promedio de la temperatura de la superficie registrado en América del Norte durante el último siglo, es decir más de 0,6°C, se produjo a partir de fines del decenio de 1970

(véase el gráfico). América del Norte emite más gases de efecto invernadero que ninguna otra región, y aunque su población sólo alcanza al 5 por ciento de la población mundial, sus emisiones representaban casi el 26 por ciento de las emisiones antropógenas de CO₂ en 1998 (Marland, Boden y Andres). América del Norte posee una de las economías que consume más energía en el mundo. El sector del transporte es la mayor fuente de emisiones de CO₂; en 1995 era responsable del 30,1 por ciento de las emisiones de Canadá, al par que, en 1993, los automóviles y camionetas eran responsables de más del 20 por ciento de las emisiones de CO₂ en Estados Unidos (Glick, sin fecha). En 1997 el sector del transporte de Estados Unidos era la fuente de aproximadamente el 5 por ciento del CO₂ antropógeno emitido en el mundo y consumía más de un tercio de la energía usada en el mundo para transporte (NRC 1997, O'Meara Sheehan 2001).

Temperaturas medias en Estados Unidos (°C)



Fuente: DOC, NOAA y NCDC 2000.

Las dos fuertes conmociones que afectaron los precios del petróleo en los mercados mundiales durante los años setenta ayudaron a hacer más consciente el hecho de que el petróleo no es un recurso renovable. En esa época se adoptaron normas relativas a las carrocerías, los motores y el rendimiento del combustible en los nuevos automóviles de pasajeros a fin de favorecer el ahorro de energía, y tales normas se hicieron más estrictas en el decenio de 1980 (OECD 1996, CEQ 1997). Sin embargo, una combinación de factores conspiró para que aumentara el uso de energía durante ese decenio. El avance hacia la eficiencia en el uso total y per cápita de energía se hizo más lento y las emisiones de CO₂ continuaron aumentando (CEQ 1997, EC 1997, OECD 1998).

Los nuevos esfuerzos que se hicieron con posterioridad a los compromisos asumidos en la UNFCCC tampoco lograron refrenar las emisiones de CO₂ en los años

noventa. En 1998, dichas emisiones estaban un 14 por ciento y un 11 por ciento por encima de los niveles de 1990 en Canadá y en Estados Unidos respectivamente (US EPA 2000^a, SRP 2000). La producción de energía renovable a partir de fuentes hidroeléctricas, eólicas, solares, de biomasa y geotérmicas está aumentando, pero su contribución representa todavía sólo una pequeña fracción de las necesidades energéticas, y sólo alcanza a satisfacer aproximadamente el 7 por ciento de la demanda interna de energía en Estados Unidos (US EIA 2001).

En el sector del transporte, los avances logrados en la utilización eficiente de la energía por parte de los automóviles y en el control de emisiones se han visto menguados por el aumento en el número de automóviles y en las distancias recorridas y por la tendencia, visible desde 1984, al uso de camionetas y vehículos todo terreno (CEQ 1997, EC 1998a). Por ejemplo, entre 1990 y 1995 hubo en Canadá un aumento del 15 por ciento de los viajes en automóvil, una disminución en el uso de transporte urbano y un aumento del 6 por ciento en el consumo total de combustibles fósiles (EC 1998b). En 1994 casi el 60 por ciento de

los hogares tenía dos o más automóviles, y el 19 por ciento tenía tres o más (De Souza 1999). El estacionamiento barato y otras formas de subvención oculta, como los fondos para el desarrollo de carreteras y los bajos precios de los combustibles, han alentado la dependencia respecto de los automóviles (Miller y Moffat 1993, EC 1998a).

De acuerdo con el Protocolo de Kioto, Canadá acordó reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 6 por ciento y Estados Unidos en un 7 por ciento con respecto a los niveles de 1990, durante el período comprendido entre 2008 y 2012. Pero a comienzos de 2001 Estados Unidos anunció que la implementación del tratado de Kioto sería demasiado perjudicial para su economía y que explorarían otras vías para hacer frente a los cambios climáticos (US EIA 2001). En la conferencia de la UNFCCC realizada en Bonn en julio de 2001 se logró un compromiso que permitía usar como crédito el carbono absorbido por los bosques para compensar las emisiones de carbono. Este compromiso le permitiría a Canadá alcanzar más del 20 por ciento de sus metas utilizando dichos créditos (MacKinnon 2001).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, América del Norte

- CEC (1997). *Long-Range Transport of Ground Level Ozone and its Precursors*. Montreal, Commission for Environmental Cooperation
- CEC (2000). *Booming Economies, Silencing Environments, and the Paths to Our Future*. Montreal, Commission for Environmental Cooperation <http://www.cec.org> [Geo-2-026]
- CEQ (1997). *Environmental Quality – The World Wide Web: The 1997 Annual Report of the Council on Environmental Quality*. Washington DC, The White House, Council on Environmental Quality
- De Souza, R.-M. (1999). *Household Transportation Use and Urban Air Pollution: A Comparative Analysis of Thailand, Mexico, and the United States*. Washington, DC, Population Reference Bureau
- DOC, NOAA and NCDC (2000). *Climate of 1999 Annual Review*. Asheville, North Carolina, US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center <http://ceq.eh.doe.gov/nepa/reports/statistics/tab6x1.html> [Geo-2-156]
- EC (1997). *Global Climate Change: The Greenhouse Gas Emissions Outlook to 2020*. Environment Canada <http://www.ec.gc.ca/climate/fact/greenhou.html> [Geo-2-027]
- EC (1998a). Canadian Passenger Transportation, National Environmental Indicator Series. In *SOE Bulletin No. 98-5*. Ottawa, Environment Canada, State of the Environment Reporting Program
- EC (1998b). Cars more efficient, but Canadians driving more. *Science and the Environment Bulletin*. June 1998
- EC (1999). *Canada Signs International Agreement on Acid Rain and Smog Reductions*. Environment Canada http://www.ec.gc.ca/press/acidrn_n_e.htm [Geo-2-029]
- EC (2000a). *Clean Air*. Environment Canada http://www.ec.gc.ca/air/introduction_e.cfm [Geo-2-030]
- EC (2000b). *Canada and the United States Reach a Draft Agreement to Reduce Transboundary Smog*. Environment Canada http://www.ec.gc.ca/press/001013_n_e.htm [Geo- 2-031]
- EC (2001). *Stratospheric Ozone*. Environment Canada http://www.ec.gc.ca/ind/English/Ozone/Bulletin/stin_d1_e.cfm [Geo-2-032]
- Glick, P (undated). *Global Warming: The High Costs of Inaction*. The Sierra Club: Understanding Green Markets Project <http://www.sierraclub.org/globalwarming/resources/inaction.asp> [Geo-2-033]
- Hancey, C. (1999). *Particulate Matter, Ground- Level Ozone, and the Canada-Wide Standards Regulatory Process*. The Sierra Club <http://www.sierraclub.ca/national/climate/groundlevel-ozone.html> [Geo-2-034]
- MacKinnon, Mark (2001). Pollution Pact Hailed as Crucial First Step. *The Globe and Mail*, 24 July 2001, A1
- Marland, G., Boden, T.A. and Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_amd.htm [Geo-2-035]
- Miller, P. and Moffet, J. (1993). *The Price of Mobility: Uncovering the Hidden Costs of Transportation*. New York, Natural Resources Defence Council
- Munton, D (1998). Dispelling the myths of the acid rain story. *Environment*. 40, 6, 27-33
- NRC (1997). Vehicle emissions. *National Research Council*. XLVII, 3, 10
- O'Meara Sheehan, M. (2001). Making better transportation choices. In L. Starke (ed.), *State of the World 2001*. New York, W.W. Norton
- OECD (1996). *Environmental Performance Reviews: United States*. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development
- OECD (1998). *Environmental Indicators: Towards Sustainable Development*. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development
- OMA (2000). *The Illness Costs of Air Pollution*. Ontario Medical Association <http://www oma.org/phealth/icap.htm> [Geo-2-036]
- Potts, J. (2001). *Ozone Depletion and the Illegal Trade of Ozone Depleting Substances*. Unpublished report. Montreal, Commission for Environmental Cooperation
- SRP (2000). *The Sustainability Report*. Sustainability Reporting Program <http://www.susreport.org> [Geo-2-037]
- UNDP, UNEP, World Bank and WRI (1998). *World Resources 1998-99*. Washington DC, World Resources Institute
- US EIA (1999). *International Energy Annual 1999*. United States Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/tablef8.html> [Geo- 2-038]
- US EIA (2001). *Energy Information Brief - United States of America*. Washington DC, US Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/usa.html> [Geo- 2-039]
- US EPA (1997a). *Regional Approaches to Improving Air Quality*. US Environmental Protection Agency http://www.epa.gov/oar/oaqsps/airtrans/_groundoz.html [Geo-2-040]
- US EPA (1997b). *National Ambient Air Quality Standards for Ozone: Final Rule*. Federal Register, 62, 38856-96. Washington DC, US Environmental Protection Agency
- US EPA (2000a). *National Air Quality and Emissions Trends Report, 1999*. US Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/oaqtrnd98/html/> [Geo-2-042]
- US EPA (2000b). *National Air Quality and Emissions Trends Report, 1998*. US Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/Ozone/title6/phaseout/phasfrm.txt> [Geo-2-041]
- US EPA (2001). *Average Annual Emissions, All Criteria Pollutants*. US Environmental Protection Agency http://www.epa.gov/ttn/chief/trends/trends99/tier3_yrsemis.pdf [Geo-2-043]

Atmósfera: Asia Occidental

Calidad del aire

Asia Occidental tiene un nivel de industrialización bajo en comparación con el de Europa y Estados Unidos, pero el crecimiento de su población, la urbanización y el aumento de las industrias relacionadas con el petróleo y de otras actividades industriales han dado como resultado la aparición de «sitios críticos» de contaminación atmosférica. En las grandes ciudades y centros industriales de Asia Occidental las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos exceden, a menudo entre 2 y 5 veces, las directrices de la OMS (World Bank 1995).

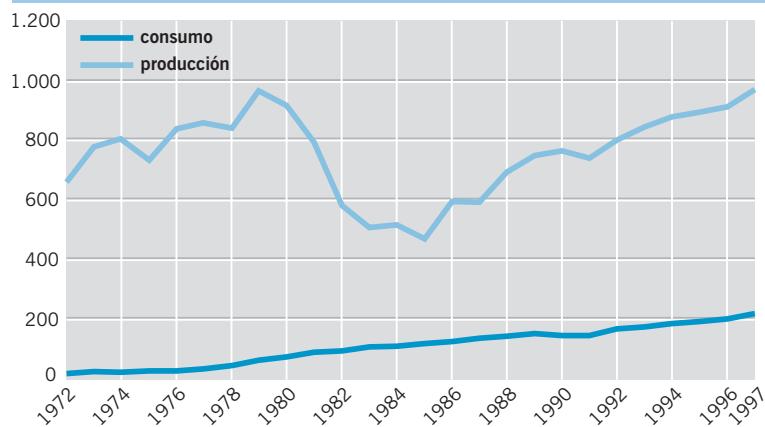
La quema de combustibles fósiles es la causa de contaminación atmosférica más importante y la fuente principal de emisiones antropogénicas de CO₂. Toda la producción de energía primaria comercial de Asia Occidental se obtiene por este medio. Esta producción aumentó de 665,5 millones de toneladas de equivalentes de petróleo (mtep) en 1972 a 974,2 mtep en 1997, mientras que el consumo de energía aumentó de 27,0 a 229,5 mtep durante ese mismo periodo (recopilación a partir de IEA 1999).

Las principales fuentes de contaminación atmosférica en los países del Consejo de Cooperación del Golfo (GCC) son las refinerías de petróleo, los centros de almacenamiento de petróleo, las plataformas de perforación de pozos petroleros, las plantas petroquímicas y fábricas de fertilizantes, y los vehículos a motor. En los países del Mashreq, la tecnología anticuada, especialmente de las centrales eléctricas, fábricas de fertilizantes, plantas metalúrgicas y fábricas de cemento, ha sido la causa del deterioro de la calidad del aire, no sólo en sitios industriales, sino también en los asentamientos vecinos. Entre los contaminantes atmosféricos que se emiten, las partículas en suspensión son el motivo de mayor preocupación, pues sus niveles están muy por encima de los límites permitidos. Se calcula que en Siria las pérdidas económicas causadas por las repercusiones de la mala calidad del aire en la salud humana ascienden aproximadamente a 188 millones de dólares por año (World Bank y UNDP 1998). Sin embargo, las tendencias recientes en

La industria del cemento contamina la atmósfera

La industria del cemento, que es la mayor fuente industrial de emisiones de CO₂ en la subregión del Mashreq, emite también grandes cantidades de polvo que cubre la vegetación vecina, poniendo en peligro la salud humana y los ecosistemas. En Líbano la industria del cemento es responsable del 77,2 por ciento del total de emisiones industriales (Government of Lebanon 1998). En Siria las emisiones de materia particulada producidas por una sola fábrica de cemento cercana a Damasco dan por resultados niveles de partículas en suspensión que exceden las directrices en un radio de 3 km. Esto ha causado enfermedades respiratorias y torácicas en trabajadores y también en comunidades vecinas (CAMRE y UNEP 1997).

Consumo y producción de energía: Asia Occidental (equivalente en millones de toneladas de petróleo por año)



Asia Occidental, particularmente en los países del GCC, son hacia la adopción de métodos más limpios de producción industrial, sobre todo en las grandes industrias: petrolera, petroquímica, de fertilizantes y metalúrgica.

El creciente número de vehículos, la gestión inadecuada del tránsito, el envejecimiento de los automóviles y la congestión en las carreteras son otras tantas causas del nivel de contaminación atmosférica. Muchos vehículos están en malas condiciones, cerca del 30 por ciento tienen más de 15 años, y producen emisiones de hidrocarburos y de NO_x mucho más elevadas que los nuevos (World Bank y UNDP 1998). Además, la gasolina con aditivos de plomo sigue usándose en muchos países, agravando los problemas de salud en las ciudades y a lo largo de las carreteras (World Bank 1995). Para hacer frente a este problema algunos países han adoptado medidas para suprimir la gasolina con plomo. La gasolina sin aditivos de plomo ya se ha introducido en los países del GCC y en Líbano y es la única que se produce en Bahrein desde julio de 2000 (BAPCO 2000).

La contaminación atmosférica causada por actividades humanas así como las tormentas estacionales de polvo y arena contribuyen a la contaminación del aire en Asia Occidental en general y a lo largo de las costas del noreste del Golfo Arábigo (Pérsico) en particular (ROMPE 1999). Las tormentas de polvo absorben contaminantes, como los plaguicidas, y pueden transportarlos a grandes distancias, causando así efectos adversos en el medio ambiente, la economía y la calidad de vida. Se calcula que la cantidad anual de precipitación de polvo a lo largo de las zonas costeras de Kuwait puede ascender a 1.000 toneladas por km², con una concentración media general de 200 µg por m³ (Khalaf y otros 1980, EPA 1996).

La contaminación atmosférica transfronteriza es un problema de importancia creciente en la región. Para contener la contaminación atmosférica es necesario adoptar medidas más estrictas que controlen las emisio-

La producción de energía en Asia Occidental ha excedido actualmente el nivel máximo anterior, alcanzado en 1979; el consumo sigue aumentando a un ritmo de cerca del 3,5 por ciento anual.

Fuente: Recopilación a partir de IEA 1999.

nes, promuevan el uso de tecnologías modernas y eficientes, y apoyen la reestructuración de los precios de los recursos energéticos. Para reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero que le están asociadas, es necesario establecer programas que promuevan el uso eficiente de la energía en los sectores de la electricidad, el petróleo, el transporte, la industria, la agricultura y la vivienda.

Agotamiento del ozono estratosférico

Los estados de Asia Occidental, con la excepción de Iraq, adhirieron al Convenio de Viena y al Protocolo de Montreal, así como a sus enmiendas. Todos los países de la región son usuarios pero no productores de SAO, y han elaborado, tanto en el nivel nacional como regional, programas que reglamentan la importación y uso de SAO. Se ha promulgado reglamentación en materia de especificaciones y emisiones de SAO, y se han establecido oficinas responsables del ozono y comités de coordinación para vigilar las actividades de las empresas que están relacionadas con el consumo, la manipulación y el almacenamiento de esas sustancias químicas. Las empresas suprimen gradualmente el uso de SAO y la mayoría de los países han contenido el consumo de SAO, tal como lo exige el Protocolo de Montreal. Todavía son necesarios esfuerzos adicionales para suprimir el bromuro de metilo, que aún se sigue consumiendo en Jordania, Líbano y Siria.

Cambios climáticos

Es posible que la región de Asia Occidental se vea afectada por los cambios climáticos. La Península Arábiga y un cier-

to número de islas (como Bahrein) serán probablemente vulnerables a la subida del nivel del mar. Las variaciones de la temperatura y los cambios en el régimen de precipitaciones afectarán a los recursos hídricos y a la capacidad de producción de alimentos. En algunos países se considera que los cambios climáticos son un problema de alta prioridad, especialmente en países insulares como Bahrein.

Luego de la ratificación de la UNFCCC se establecieron comités nacionales sobre los cambios climáticos y algunos países comenzaron a vigilar la calidad del aire y los parámetros meteorológicos. Varios países han terminado de elaborar sus inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Bahrein, Jordania y Líbano) y en el resto de los países se sigue trabajando para completarlos. Las cifras presentadas en los primeros inventarios que se completaron fueron 59, 72 y 25 por ciento más altas respectivamente (AGU y MoHME 2000, GCEP 1997, Government of Lebanon 1998) que las contenidas en los informes de UNDP, UNEP, World Bank y WRI (1998).

Las emisiones per cápita de CO₂ en Asia Occidental aumentaron de 4,7 toneladas por año en 1972 a 7,4 toneladas por año en 1998, lo cual refleja aumento de la población, el desarrollo y la industrialización, que caracteriza a la región. En los países que tienen un nivel de emisión per cápita muy alto (Kuwait, Qatar y los Emiratos Árabes Unidos) las emisiones disminuyeron durante ese período (Marland, Boden y Andres 2001). Esta disminución es uno de los resultados positivos de las políticas nacionales que, entre sus medidas, incluyeron programas de desarrollo de energía más limpia, introducción de tecnologías modernas más eficientes y establecimiento de normas de calidad del aire.

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, Asia Occidental

- AGU and MoHME (2000). *Bahrain Inventory of Greenhouse Gas Emissions Report under UNEP/GEF Project 2200-97-46*. Manama, Bahrain, Arabian Gulf University and the Ministry of Housing, Municipalities and Environment
- BAPCO (2000). *BAPCO Site for Information on the Introduction of Unleaded Gasoline. Frequently Asked Questions*. Bahrain Petroleum Company <http://www.unleadedbahrain.com/english/faq.htm#3> [Geo-2-044]
- CAMRE and UNEP (1997). *Study on the Application of the General Guidelines for the Identification of the Environment Impacts of Industry: Case Study on Adra Factory for Cement and Construction Materials in Syria*. Damascus, Environmental and Scientific Research Centre, General Commission for Environmental Affairs
- EPA (1996). *Environment Protection Authority Annual Report*. Kuwait City, Environment Protection Authority
- GCEP (1997). *Initial Communication Report under the UN Framework Convention on Climate Change*. Amman, Jordan, General Cooperation of Environment Protection
- Government of Lebanon (1998). *The First National Inventory of Greenhouse Gas Emission by Sources and Removal Sinks, Final Report*. Beirut, United Nations Environment Programme, Global Environment Facility, Ministry of Environment, Lebanon
- IEA (1999). *Energy Balances of Non-OECD countries 1971-97*. Paris, Organization of Economic Cooperation and Development, International Energy Agency
- Khalaf, F., Kadib, A., Gharib, I., Al-Hashash, M., Al-Saleh, A., Al-Kadi, A., Desouki, M., Al-Omrani, L., Al-Ansari, L., Al-Houti and Al-Mudhian, L. (1980). *Dust Fallout (Toze) in Kuwait: Mineralogy, Granulometry and Distribution Pattern. Report No. KISR/PPI/108/EES-RF-8016*. Kuwait City, Kuwait Institute for Scientific Research
- Marland, G., Boden, T.A. and Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_amd.htm [Geo-2-035]
- ROPME (1999). *Regional Report of the State of Environment*. Kuwait City, Regional Organization for the Protection of the Marine Environment
- UNDP, UNEP, World Bank and WRI (1998). *World Resources 1998-99*. London and New York, Oxford University Press
- World Bank (1995). *Middle East and North Africa Environmental Strategy: Towards Sustainable Development*. Washington DC, World Bank
- World Bank and UNDP (1998). *State of the Environment in Syria*. London, Environmental Resources Management

Atmósfera: las regiones polares

Los problemas atmosféricos más importantes en el Ártico y el Antártico son el agotamiento de la capa de ozono estratosférico, el transporte de contaminantes atmosféricos a gran distancia y el calentamiento relacionado con los cambios climáticos. Estos problemas son causados principalmente por actividades antropogénicas en otras partes del mundo.

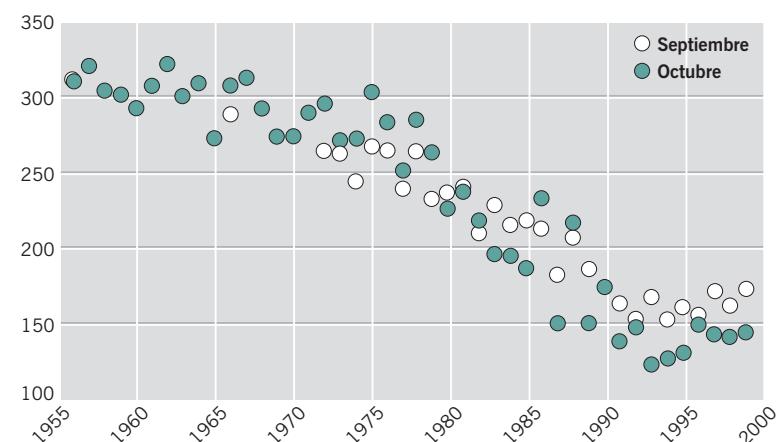
El agotamiento estacional del ozono estratosférico sobre la Antártida, y más recientemente sobre el Ártico, ha sido uno de los motivos de mayor preocupación ambiental desde que fue percibido en 1985 (Farman y otros 1985). La profundidad, el área y la duración del agujero de ozono sobre la Antártida no han cesado de aumentar, alcanzando el récord de 29 millones de km² en septiembre de 2000 (WMO 2000, NASA 2001).

Los niveles promedio anuales de ozono en el Ártico en los años 1990 han disminuido en un 10 por ciento con respecto a los niveles de fines de los años 1970, lo que hace que los habitantes de la región corran mayores riesgos de ceguera producida por el reflejo de la nieve, quemaduras de sol como consecuencia del bajo acimut del sol y del reflejo de la cubierta de nieve. La exposición a radiación ultravioleta nunca ha sido muy alta porque el acimut del sol es bajo y el aumento de la radiación nociva (tanto para la vida animal como vegetal) es proporcionalmente mayor que en las latitudes medias.

El restablecimiento de la capa de ozono estratosférico en las regiones polares depende principalmente de la implementación del Protocolo de Montreal sobre las sustancias que agotan la capa de ozono. Es por ello que los esfuerzos para suprimir el uso de las SAO que realizan los países, por distantes que sean, son de extrema importancia para las regiones polares (UNEP 2000).

Los ecosistemas naturales de las regiones polares tienen poca capacidad de adaptación y son altamente vulnerables a los cambios climáticos. Se considera que en las regiones polares estos cambios serán más severos que en cualquier otra parte del mundo (ya se ha observado una tendencia al calentamiento de hasta 5°C en extensas áreas terrestres del Ártico, aunque hay algunas zonas del este de Canadá donde las temperaturas han disminuido), y tendrán probablemente repercusiones físicas, ecológicas, sociales y económicas de gran importancia tanto en el Ártico como en el Antártico (IPCC 2001 a y b). La temperatura de la atmósfera en la Antártida está experimentando cambios, ya sea debido a una oscilación natural o como resultado de los cambios climáticos mundiales. En la Península Antártica se ha manifestado una tendencia clara al calentamiento que ha producido la pérdida espectacular de barreras de hielo y el incremento de la cubierta de vegetación en terrenos más elevados, aunque, tal

Niveles mensuales medios de ozono en la Bahía Halley, Antártida (unidades Dobson)



como ocurre en el Ártico, hay también zonas de marcado enfriamiento, por ejemplo el Polo Sur (Neff 1999).

Es casi seguro que los cambios climáticos son responsables de la disminución de la extensión y espesor del hielo marino en el Ártico, así como del deshielo del permafrost, la erosión costera, los cambios en las capas y barreras de hielo y la alteración de la distribución y abundancia de especies en las regiones polares (IPCC 2001a). Entre otros efectos de la tendencia al calentamiento cabe mencionar el 15 por ciento de aumento de las precipitaciones registrado en el Ártico, la mayor frecuencia de tormentas, las primaveras tempranas y el comienzo tardío de las condiciones de congelamiento, y la disminución de la salinidad marina (AMAP 1997). El deshielo del permafrost puede, por su parte, agravar los problemas causados por los cambios climáticos. Por ejemplo, las emisiones de metano en la tundra podrían aumentar, y la

Niveles mensuales medios de ozono en el sitio de Bahía Halley a comienzos de la primavera antártica.

Fuente: BAS 2000.

«La zona de permafrost cubre el 38 por ciento del territorio de la Federación de Rusia. Numerosos asentamientos humanos, plantas industriales e instalaciones de infraestructura están ubicados en esta zona. Dada la tendencia actual al calentamiento, la frontera de la zona de permafrost podría desplazarse entre 300 y 400 km hacia el norte antes de 2100».—Interagency Commission 1998.

reducción de la extensión de la cubierta de hielo y nieve altamente reflectora contribuirá a aumentar el calentamiento. Estos fenómenos pueden prolongarse por siglos, hasta mucho tiempo después que se hayan estabilizado las concentraciones de gases de efecto invernadero, y pueden causar efectos irreversibles en las capas de hielo, la circulación oceánica mundial y el aumento del nivel del mar (IPCC 2001a).

Como la mayoría de los países industriales están en el hemisferio norte, el Ártico está más expuesto a la conta-

Transporte de contaminantes a gran distancia hasta las regiones polares

Algunas sustancias tóxicas persistentes, como los COP y el mercurio, pueden hacerse volátiles en el aire caliente y ser transportadas por las masas de aire. Después de su deposición pueden entrar nuevamente en la atmósfera y continuar su recorrido, transformándose así en contaminantes a gran distancia. El proceso puede continuar hasta que llegan a las zonas frías polares, donde se condensan en el aire como partículas o copos de nieve que finalmente caen al suelo. Debido a su baja solubilidad en agua y su alta solubilidad en grasas, se incorporan fácilmente en la red alimentaria polar, muy rica en grasas, y se acumulan en la biota. La combinación de condiciones climáticas severas con las propiedades físico-químicas de las sustancias tóxicas hace que las regiones polares, el Ártico en particular, se transformen en sumidero de dichas sustancias, con el resultado de que los niveles de concentración de las mismas en las regiones polares son más elevados que en las regiones de origen (AMAP 1997). La implementación del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, firmado en mayo de 2001, puede conducir a la reducción de las deposiciones de COP en las regiones polares.

minación atmosférica antropógena que la Antártida. Los vientos predominantes transportan sustancias contaminantes, entre ellas metales pesados, COP y a veces radionúclidos, hasta el Ártico, donde pueden quedar suspendidas en el aire durante semanas o meses y ser transportadas a grandes distancias (Crane y Galazo 1999). Los niveles de ciertos tipos de contaminantes son tan altos sobre gran parte del Ártico que es imposible atribuirlos a fuentes internas de la región; tales contaminantes provienen de fuentes situadas mucho más al sur.

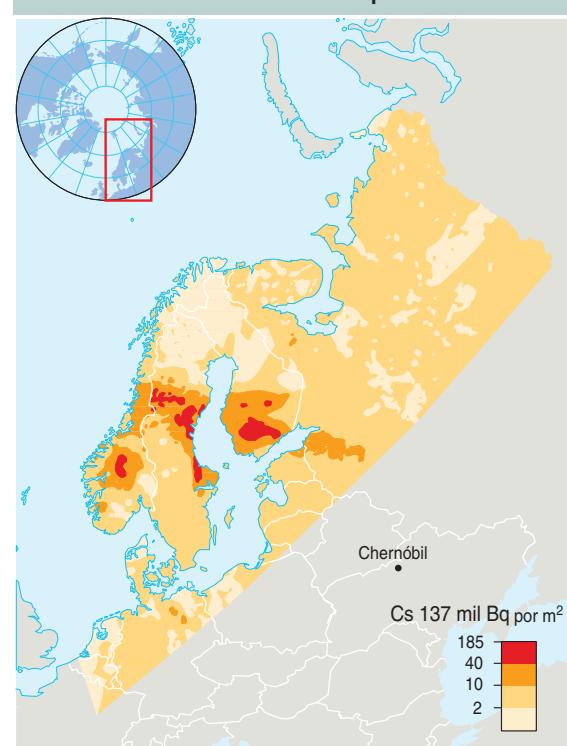
Las principales fuentes de radionúclidos antropógenos en el Ártico son la precipitación proveniente de ensayos nucleares, los escapes de plantas de reprocesamiento de combustible nuclear, y las precipitaciones causadas por el accidente ocurrido en la central eléctrica nuclear de Chernóbil en 1986. Luego del accidente de Chernóbil se registró un aumento significativo de radioactividad en las poblaciones indígenas del Ártico, particularmente en aquellas que consumían cantidades importantes de alimentos que concentran radiocesio, como carne de reno, peces de agua dulce, hongos y bayas. El fenómeno se observó principalmente entre 1986 y 1989 en los Saami de Noruega y Suecia y hasta en 1991 en la población indígena de la Península Kola, en la Federación de Rusia. Desde entonces los niveles han disminuido gradualmente hasta alcanzar los niveles anteriores al accidente (AMAP 1997).

Los complejos industriales de la Federación de Rusia han sido una fuente mayor de contaminación atmosférica en el Ártico. Las emisiones de compuestos de azufre y de metales pesados procedentes de fundiciones han causado una importante degradación forestal en la Península

Kola y han provocado la disminución del número de especies en la región. La extensión de las zonas severamente afectadas por contaminación atmosférica alrededor de las fundiciones de níquel en Pechenga y Varanger aumentó de 400 km² en 1973 a 5.000 km² en 1988 (AMAP 1997). Las emisiones de las fundiciones rusas han disminuido o se han estabilizado desde 1990, principalmente a causa de la contracción económica.

El nivel de contaminación atmosférica en el Ártico es tan elevado que la «calina Ártica» se ha transformado en un problema mayor. El término fue acuñado en los años cincuenta para describir una insólita reducción de visibilidad que las tripulaciones de los aviones de reconocimiento meteorológico en América del Norte experimentaban cuando volaban en altas latitudes del Ártico. Esta bruma, que es estacional y alcanza su mayor densidad en primavera, se origina en fuentes de emisiones antropogénicas ubicadas fuera del Ártico. Los aerosoles que constituyen la calina son principalmente sulfurosos (hasta un 90 por ciento) y se generan por la combustión de carbón que tiene lugar en latitudes medias septentrionales, especialmente en Europa y Asia. Las partículas tienen aproximadamente el mismo tamaño que la longitud de

Contaminación radioactiva después de Chernóbil



Niveles de cesio 137 (1.000 bequerelios por m²) en Escandinavia, Finlandia y la región de Leningrado en Rusia luego de la explosión de Chernóbil en 1986.

Fuente: AMAP 1997.

Importancia de la calina ártica

El descubrimiento de la calina ártica puso término a la noción anterior de que la contaminación de aerosoles sólo podía ser local o regional. El aire frío y seco de las regiones polares permite que las partículas permanezcan suspendidas en el aire durante semanas en lugar de días, lo que a su vez hace posible que los contaminantes de azufre se esparzan desde las fuentes industriales en Eurasia por todo el Ártico y en América del Norte. Las partículas de la calina pueden transportar metales y otros contaminantes hasta la región polar y dentro de la misma, y causan la deposición de estos contaminantes mediante precipitaciones que caen sobre grandes áreas oceánicas que rodean el Ártico (AMAP 1997).

onda de la luz visible, lo que explica que la calina sea tan visible a simple vista.

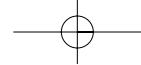
La mejora del estado del medio ambiente polar depende principalmente de las políticas y medidas que implementan quienes viven no sólo dentro sino también fuera de las regiones polares. Los países Árticos han tomado varias medidas para mejorar la calidad del aire. Entre ellas cabe mencionar la firma del Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia y sus correspondientes protocolos, y el apoyo a la elaboración del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Además, las medidas reglamentarias internas adoptadas en Estados Unidos y Canadá

han reducido las emisiones de ciertos COP, metales pesados y compuestos de azufre. El éxito de las iniciativas emprendidas para hacer frente al agotamiento del ozono estratosférico depende de la implementación del Protocolo de Montreal por parte de todos los países (UNEP 2000).

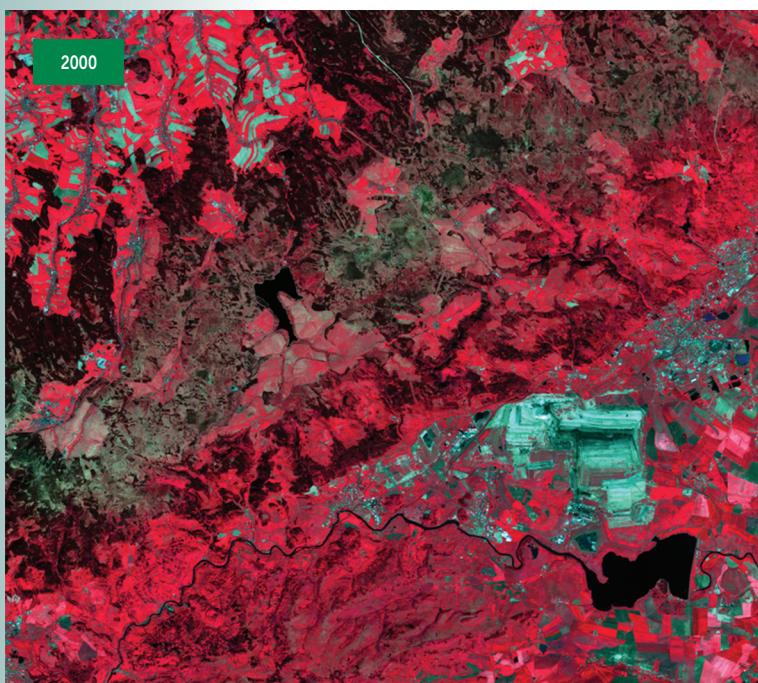
Si se tiene en cuenta el aumento de la temperatura media mundial que se predice, cabe temer que los cambios climáticos someterán las regiones polares a presiones importantes durante el siglo XXI. Las repercusiones del fenómeno se exacerbarán probablemente debido a la alta vulnerabilidad y baja capacidad de adaptación de los ecosistemas polares y de algunas de las comunidades indígenas tradicionales. A pesar de la intensa actividad registrada tanto en el nivel nacional como internacional, pocas son las medidas que se han adoptado para hacer frente a los cambios climáticos mundiales. Por consiguiente, el principal desafío para la región es mejorar el potencial de adaptación al cambio, lo que permitirá mitigar los efectos adversos del mismo. Los países del Ártico han comenzado una evaluación del impacto climático en la región, *Artic Climate Impact Assessment*, que se debe completar en 2003. Dicha evaluación se integrará en los estudios regionales del IPCC (ACIA 2001).

Referencias: Capítulo 2, atmósfera, las regiones polares

- ACIA (2001). *Arctic Climate Impact Assessment*. <http://www.acia.uaf.edu>
- AMAP (1997). *Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report*. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme
- BAS (2000). BAS Ozone Bulletin 01/00. British Antarctic Survey. <http://www.nercbs.ac.uk/public/icd/jds/ozone/bulletins/bas0100.htm> [Geo-2-100]
- Crane, K. and Galasso, J.L. (1999). *Arctic Environmental Atlas*. Washington DC, Office of Naval Research, Naval Research Laboratory
- Farman, J.C., Gardiner, B.J. and Shanklin, J.D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveals seasonal CIO₃/NO₂ interaction. *Nature*, 315, 207-10
- Interagency Commission (1998). *The Second National Communication to the UNFCCC*. Moscow, Interagency Commission of the Russian Federation on Climate Change Problems
- IPCC (2001a). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- IPCC (2001b). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, and New York, United States, Cambridge University Press
- NASA (2001). *Largest-ever ozone hole observed over Antarctica*. NASA Goddard Space Flight Center <http://www.gsfc.nasa.gov/gsfc/earth/environ/ozone/zone.htm> [Geo-2-017]
- Neff, W.D. (1999). Decadal time scale trends and variability in the tropospheric circulation over the South Pole. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 104, 27217-51
- UNEP (2000). *Report of the Twelfth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol*. UNEP Ozone Secretariat <http://www.unep.org/ozone/12mop-9.shtml> [Geo-2-019]
- WMO (2000). *Antarctic Ozone Bulletin 5/2000*. Geneva, World Meteorological Organization



NUESTRO CAMBIANTE MEDIO AMBIENTE: Chomutov, Rep. Checa



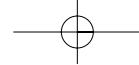
La contaminación proveniente de las centrales eléctricas de carbón cercanas a Chomutov, en la República Checa, se dirigió durante muchos años hacia Alemania atravesando las montañas de Krusne Hory, o sea, desde la parte inferior derecha hacia la superior izquierda de las imágenes de esta página.



Los rectángulos en verde son minas proveedoras de lignito de bajo grado y rico en azufre destinado a la generación de electricidad. Su combustión no sólo contamina el aire sino que provoca un grave daño a los bosques en toda Europa Oriental.

A principios del decenio de los ochenta, los árboles que crecían en las zonas más altas de las montañas comenzaron a morir. Los efectos se observan en la parte central izquierda de ambas imágenes. En la imagen de 2000, esas zonas oscuras han sido reemplazadas por otras en gris claro, donde los árboles han muerto dejando una superficie casi sin vegetación. Desde entonces ha tenido lugar un amplio desmonte de árboles muertos o moribundos. Los esfuerzos por reemplazar los bosques afectados han fracasado rotundamente.

Datos Landsat: USGS/EROS Data Center
Recopilación: UNEP GRID Sioux Falls



NUESTRO CAMBIANTE MEDIO AMBIENTE: Kilimanjaro, Tanzania

El monte Kilimanjaro, ubicado a unos 300 km al sur del Ecuador en Tanzania, es la montaña más alta de África. El hielo y las nieves perennes de su cumbre que se yerguen a unos 5.000 metros por encima de una ondulante sabana han sido siempre objeto de fascinación y han atraído a numerosos turistas tanto a Tanzania como a Kenia.

Sin embargo, los glaciares del Kilimanjaro están desapareciendo debido al calentamiento regional, probablemente asociado con el calentamiento mundial. El mapa muestra la extensión decreciente de los glaciares entre 1962 y 2000. En el transcurso de esos 38 años, el Kilimanjaro perdió alrededor del 55 por ciento de sus glaciares. Según el Centro Byrd de Investigación Polar de la Universidad del Estado de Ohio, el Kilimanjaro perdió el 82 por ciento del manto glaciar que tenía cuando se lo estudió detenidamente por primera vez en 1912.

