

## Atmósfera

Los principales problemas atmosféricos en América Latina y el Caribe son la contaminación del aire, el agotamiento de la capa de ozono estratosférico y el proceso de cambio climático, así como el impacto que todo esto tiene en la salud de la población y los ecosistemas regionales. Se estima que una quinta parte de la población regional está expuesta a contaminantes aéreos que sobrepasan los límites recomendados, sobre todo en las megalópolis regionales y las grandes áreas metropolitanas, aunque esta problemática se está expandiendo a ciudades de tamaño medio y pequeño (CEPAL, 2000a). El agotamiento de la capa de ozono estratosférico —problema de dimensiones planetarias— tiene impactos locales sustanciales, afectando el sur de Argentina, Brasil, Chile y Uruguay. Por su parte, el proceso de cambio climático podría producir extensos efectos ambientales y socio-económicos en la región, especialmente en el Caribe.

### Contaminación del aire

El deterioro en la calidad del aire en América Latina y el Caribe tiene, entre sus principales causas, las emisiones atmosféricas provenientes de los sectores transporte, industrial y agrícola, el proceso de deposición de desechos, los incendios forestales y las fuentes domésticas. En combinación con condiciones topográficas y meteorológicas locales que agravan su impacto, estas emisiones tienen un efecto muy importante sobre la salud de las poblaciones rural y urbana. Algunos de estos contaminantes tienen un origen transfronterizo y hasta transcontinental, como las emisiones provocadas por actividades humanas en países vecinos, el humo de los incendios forestales o la dispersión de partículas suspendidas desde África al Caribe.

### Contaminación del aire exterior

Los contaminantes del aire se clasifican comúnmente en tres tipos: material particulado suspendido, gases y olores (WHO, 2000). En los centros urbanos de América Latina y el Caribe, la contaminación aérea más frecuente se relaciona con altas concentraciones de material particulado y ozono (OPS, 2002).

En lo relativo al material particulado, las partículas con diámetro menor de 10 micrómetros ( $MP_{10}$ ) son objeto de preocupación (WHO, 2000). Dentro de esta categoría general, las partículas mayores a 2,5 micrómetros, generalmente se componen de tierra y minerales (carbón, asbesto, cal, cemento, o metales como zinc, cobre, hierro, plomo), y tienden a precipitarse rápida-

mente. Las partículas menores de 2,5 micrómetros, por otro lado, son generalmente carbonos, sulfatos y nitratos originados en la combustión de biomasa y diesel, o en reacciones químicas relacionadas con la formación de ozono, la oxidación de dióxido de azufre y la producción de óxidos de nitrógeno en los procesos de combustión de materiales fósiles. Estas partículas menores de 2,5 micrómetros persisten en el aire por más tiempo y pueden depositarse con mayor facilidad en el aparato respiratorio humano. En grandes zonas metropolitanas como Sao Paulo, Santiago de Chile y el Valle de México, tanto las concentraciones máximas de  $MP_{10}$  en 24 horas, como sus promedios anuales, superan la normativa existente en los países respectivos, aunque en Santiago los promedios anuales disminuyeron entre 1989 y 1999. Muchas otras ciudades menores en la región sobrepasan la normativa; entre ellas están Guadalupe y Monterrey (México) y las capitales de Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Perú (OPS, 2002).

Los contaminantes gaseosos incluyen el ozono, los compuestos de azufre o nitrógeno, el monóxido de carbono, los hidrocarburos y otros compuestos orgánicos volátiles (WHO, 2000). En cuanto a la contaminación por ozono, Sao Paulo, Santiago de Chile y el Valle de México han mostrado tendencias decrecientes de entre un 20 y un 30 por ciento a finales del período 1995-2000, para el cual hay mediciones sistemáticas. Sin embargo, en las tres áreas metropolitanas las concentraciones de ozono se mantuvieron por encima de la norma entre un 18 y un 88 por ciento del tiempo en 1999-2000; los problemas más graves se presentan en la Ciudad de México (OPS, 2002).

Entre las principales causas de la contaminación del aire exterior en América Latina y el Caribe están las emisiones vehiculares e industriales, que aumentaron de forma importante en décadas recientes y se originan mayormente en las grandes áreas metropolitanas (aunque también en las de tamaño mediano) y en zonas industriales. Otros contaminantes de gran impacto se originan en la deposición o incineración inadecuadas de los desechos sólidos, la fumigación aérea de las cosechas, la erosión eólica y la utilización de biomasa como combustible.

La combustión de materiales fósiles en el sector transporte es particularmente problemática. Las ciudades de México y Buenos Aires, por ejemplo, registran un 75 y un 70 por ciento de emisiones de esta fuente, respectivamente (INEGI, 2000; OPS, 1998). En Santiago de Chile, las más importantes fuentes de contaminación del aire son el transporte urbano y las empresas pequeñas y medianas (IMO, 1995). El sector transporte en esta ciudad es responsable de hasta un 92 por ciento de las emisiones de monóxido de carbono, un 71 por ciento de las emisiones de óxidos de nitrógeno y un 46 por ciento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (CAPP, 2000).

La contaminación aérea originada en el sector transporte se agrava como consecuencia de la elevada edad promedio de flota vehicular, su acelerado crecimiento, la insuficiencia o ineficacia del transporte público y la expansión horizontal de las ciudades, cuya segregación funcional aumenta las distancias de transporte. A ello se agregan condiciones topográficas o meteorológicas locales desfavorables para la dispersión natural de contaminantes en algunas ciudades como México y Santiago de Chile, cuyas áreas montañosas limitan la dispersión del aire contaminado. En el caso del parque vehicular, en Ciudad de México la flota se cuadruplicó entre 1970 y 1996, se duplicó en Jamaica entre 1993 y 1998, al igual que en Santiago de Chile entre 1990 y 1999, y creció un 18 por ciento en Trinidad (Schteingart, 1987; CEPAL, 2000c; UNEP, 1999a; OPS, 2002). En algunos casos, el aumento fue el resultado del incremento en las importaciones de automóviles usados.

Importantes naciones productoras de petróleo como Brasil, Ecuador, México y Venezuela, también son afectadas por las emisiones del proceso de refinación. Otras actividades mineras tienen impactos locales degradantes en la calidad del aire, en países como Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, República Dominicana, Jamaica, Perú, Surinam y Venezuela. Algunos metales pesados como el plomo y el mercurio —provenientes de la combustión de gasolina y las actividades mineras— también constituyen contaminantes significativos de las masas de aire (UNEP, 1999a; OPS, 1998). La utilización de materiales fósiles para generar electricidad produce la emisión de 27 toneladas de mercurio al año en Sudamérica (menor a los niveles emitidos por esta causa en Asia y África, de 860 y 197 toneladas por año) (UNEP, 2002a). En el área metalúrgica de Vinto (cerca a Oruro, Bolivia), la sangre y la orina de los residentes

muestran concentraciones de plomo y arsénico mayores a los límites de riesgo definidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (OPS, 1998).

En el caso de las emisiones atmosféricas originadas en los desechos sólidos, dos fuentes potenciales son el biogás de los rellenos sanitarios y las dioxinas de la incineración. En la región, prácticamente toda la deposición final de desechos sólidos urbanos se realiza en rellenos sanitarios; la incineración controlada se utiliza solamente en algunos países para los desechos hospitalarios peligrosos (OPS, 1998). Sin embargo, en 33 grandes ciudades con información confiable, el 43 por ciento de los desechos sólidos se depositaron en rellenos sanitarios (e incluso en botaderos a cielo abierto) que no cumplen con los estándares relativos a las emisiones de biogás o el control de lixiviados (ver la sección de *Áreas urbanas*). La incineración controlada se utiliza tan solo en el 1 por ciento de los desechos de Sao Paulo y Brasilia, y es inexistente en Ciudad de México, Río de Janeiro o Santiago. Además, en muchas áreas rurales de la región es común que los desechos sólidos se quemen sin control. Tanto la incineración controlada como sin control liberan dioxinas en la atmósfera, las cuales son cancerígenas demostrados; sin embargo, las prácticas no controladas pueden aumentar la concentración de emisiones en varios órdenes de magnitud, dependiendo del material quemado y las condiciones de combustión (Lemieux y otros, 2000).

En las áreas periurbanas y rurales, los compuestos químicos utilizados para la fumigación de cosechas en el sector agrícola son una importante fuente de contaminación del aire. La exposición a los plaguicidas ocurre por inhalación y contacto con la piel, afectando a



© R. Burgos

## Contaminación del aire por incendios forestales

Los incendios forestales pueden destruir hasta un 50 por ciento de la biomasa boscosa superficial, con efectos potencialmente graves sobre la fauna. Además, liberan carbono a la atmósfera, agravando el cambio climático mundial. Finalmente, ha aumentado su impacto directo en la economía y la salud en Mesoamérica y Sudamérica, incluso en poblaciones a cientos de kilómetros de distancia (ver la sección de *Bosques*).

En 1998, el humo y la contaminación del aire proveniente de incendios en Guatemala, Honduras y México atravesó gran parte del sudeste de los Estados Unidos, obligando al gobierno de Texas a emitir una advertencia de salud para los residentes. En 1999, el humo de incendios en el Mato Grosso, Brasil, contaminó el aire en Paraguay, y el humo producido en Paraguay contaminó el aire en Argentina. Estos problemas revelan la dimensión transfronteriza de la contaminación causada por los incendios forestales y demuestra la necesidad de un plan de acción regional sobre control y combate de incendios en América Latina y el Caribe.

Fuente: PNUMA, 2000; Cochrane, 2002.

trabajadores agrícolas y poblaciones adyacentes a las tierras agrícolas, como se ha determinado en Ecuador, Colombia y Nicaragua (WRI y otros, 1998).

Un tipo previamente no identificado de contaminación es el de grandes nubes de polvo que cruzan cada año el Atlántico desde el norte de África y afectan Norteamérica, Centroamérica, el Caribe y la parte nororiental de la cuenca amazónica: Se teme que podrían influir en las afecciones respiratorias (principalmente asma), crear nuevos riesgos de salud pública al hospedar esporas bacteriales, virales y de hongos y participar en la degradación de arrecifes coralinos (USGS, 2000; Griffin y otros, 2001).

La combustión de biomasa —otra fuente importante de contaminación aérea— resulta comúnmente de los procesos agroindustriales, de su utilización como fuente de energía doméstica y también de los incendios forestales. Se calcula que alrededor de un 40 por ciento de los residuos agrícolas producidos anualmente en los países en desarrollo se queman en los campos.

## Contaminación del aire interior

La contaminación del aire interior ha sido menos estudiada, pero es de gran importancia en la región. Su origen se encuentra en la emisión y circulación de partículas tanto biológicas (polen, ácaros, insectos, microorganismos) como inorgánicas (humo de diferentes tipos, incluyendo el del tabaco, plomo, óxidos de carbono, asbesto, compuestos químicos sintéticos) (WHO, 2000).

Un determinante fundamental del nivel y tipo de contaminación del aire interno es la fuente de energía utilizada para cocinar y brindar iluminación o calor en viviendas y edificios. A escala mundial, la combustión de biomasa se usa para estos propósitos en la mitad de los hogares. En los países de mayor urbanización en América Latina y el Caribe, la combustión doméstica de la biomasa es mucho menor que en otras partes del

mundo, pero aún así una quinta parte de la población usa la biomasa como el principal combustible en el hogar (WRI y otros, 1998). Un 15,7 por ciento del consumo total de energía en la región en 1997 correspondía a combustibles tradicionales (cerca del promedio alcanzado por los países en desarrollo); sin embargo, naciones como Perú y Brasil tenían un consumo de combustibles tradicionales de 24,6 y 28,7 por ciento, respectivamente, y en países como Paraguay, Costa Rica, Honduras, Guatemala y Haití su consumo superaba el 49 por ciento (UNDP, 2002).

La contaminación interna es mayor en situaciones de pobreza urbana. El hacinamiento y la falta de espacio físico imposibilitan una ventilación adecuada, y la combustión de biomasa para cocinar afecta a aquellos que permanecen adentro durante períodos más prolongados —usualmente mujeres, niños y ancianos. Según estudios realizados en Colombia y México, las mujeres que usan biomasa para cocinar tienen una propensión de tres a 75 veces mayor a contraer enfermedades respiratorias crónicas que el promedio, dependiendo del tiempo de exposición (WRI y otros, 1998).

## Impactos y respuestas regionales

Más de 80 millones de personas en América Latina y el Caribe resultan afectadas de forma permanente por los contaminantes aéreos. Los contaminantes del aire exceden los límites máximos recomendados por la OMS en grandes áreas metropolitanas como Sao Paulo, Río de Janeiro, Santiago y Ciudad de México (CEPAL, 2000a). Además, la contaminación está aumentando en muchas áreas metropolitanas de menor tamaño y hasta en ciudades medianas. Esto es consecuencia de la creciente presión de los sectores del transporte e industrial, y de la falta de acciones adecuadas de regulación, monitoreo y control.

La exposición a los contaminantes del aire tiene efectos críticos sobre la salud, así como importantes impactos económicos, debido al costo del tratamiento médico y a considerables pérdidas de productividad por

ausentismo (O’Ryan, 1994). Algunas estimaciones sugieren que es la principal causa de unos 2,3 millones de casos anuales de enfermedades respiratorias crónicas en niños, y de 100.000 casos de bronquitis crónica en adultos, en la región (CEPAL, 2000a;2000b). Las concentraciones de dióxido de azufre en Santiago de Chile, y de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico en Ciudad de México, se correlacionan de manera importante con las infecciones respiratorias, la aceleración de enfermedades pulmonares y el envejecimiento de los pulmones (OPS, 1998; WHO, 2000). La exposición al plomo, aun en un bajo nivel, tiene un impacto adverso sobre la salud humana, incluyendo efectos sistémicos (problemas gastrointestinales, anemia, hipertensión o pérdida de la audición), en el sistema nervioso (hiperactividad), en el desarrollo (problemas de aprendizaje), reproductivos, genotóxicos y cancerígenos (ATSDR, 1999). En México, la concentración de plomo en los huesos de la madre se correlaciona de forma negativa con el peso del recién nacido, al igual que el nivel de plomo en la sangre con el coeficiente intelectual de los niños entre 9 y 12 años de edad (WHO, 2000).

También hay un impacto considerable de la contaminación aérea sobre la mortalidad. Estimaciones para Sao Paulo y Río de Janeiro indican que provoca alrededor de 4.000 casos anuales de muerte prematura, con correlaciones observadas en Río de Janeiro y Cubatao entre la mortalidad infantil por neumonía y un deterioro en las funciones pulmonares infantiles (CETESB, 1992; WHO, 2000). Otros estudios sugieren que una mayor concentración de partículas suspendidas se correlaciona con aumentos en las tasas diarias de mortalidad (en Chile y México) y particularmente con una mayor mortalidad en adultos mayores de 65 años (en Brasil) (WHO, 2000). Se ha estimado que una reducción del 10 por ciento en el ozono troposférico y las partículas suspendidas evi-

taría más de 37.000 muertes en la Ciudad de México y 13.000 en Sao Paulo hacia 2020 (The Economist, 2002).

Es importante considerar en forma específica los efectos de la degradación del aire interno, que suele tener una cercanía más íntima con las personas por estar dentro de sus hogares. El humo resultante de la combustión de biomasa, en particular, contiene cantidades significativas de contaminantes, como monóxido de carbono, partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno y se asocia con varios efectos sobre la salud humana: irritación de tejidos, patologías crónicas y varios tipos de cáncer. Más de 2,5 millones de muertes prematuras ocurren en los países en desarrollo anualmente como consecuencia de su inhalación prolongada (WHO, 2000).

Las universidades y los ministerios de salud de la región empezaron a medir las emisiones de contaminantes del aire en la década de 1950. En 1967, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) creó un programa de monitoreo regional, que para 1973 contaba con 88 estaciones en 26 ciudades de 14 países: la Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire. La red se incorporó en 1980 dentro del Sistema de Monitoreo Ambiental Global del PNUMA. Actualmente hay dos programas regionales para el mejoramiento de la calidad del aire en América Latina: la Iniciativa de Aire Limpio para las Ciudades de América Latina, del Banco Mundial (con proyectos en Lima y el Callao, Ciudad de México, Río de Janeiro y Buenos Aires) y el Programa Aire Puro en Centroamérica, financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (OPS y CEPIS, 2000).

Las ciudades con sistemas de medición de la calidad del aire han introducido nuevas tecnologías para expandir su capacidad de evitar episodios que superen

### Controles nacionales de calidad del aire, 1999

	Normas de calidad del aire	Límites de emisiones		Redes de monitoreo	Inventarios de emisiones	Estrategias de control (fuentes móviles, fuentes fijas y otros)	
		Fuentes móviles	Fuentes fijas			Existen	Se aplican
América Latina y el Caribe (24)	11	13	13	15	14	14	10
Caribe (5)	2	0	2	1	2	2	2
Mesoamérica (8)	2	6	3	7	3	6	3
Sudamérica (11)	7	7	8	7	9	6	5

0-25%    26-50%    51-75%    76-100%

Fuente: Compilado por el Observatorio del Desarrollo (Universidad de Costa Rica), a partir de OPS y CEPIS, 2000.

## Reducción de la contaminación: casos exitosos

### *Brasil*

En Brasil, las acciones para el control y monitoreo de la contaminación del aire se desarrollaron e implementaron primero en la ciudad de Sao Paulo, y después en Río de Janeiro y Río Grande do Sul (Texeira, 2001). En 1976, las regulaciones federales de la calidad del aire reforzaron los controles que ya existían en las ciudades pioneras, y los extendieron a otras, aplicando los lineamientos de la OMS para partículas suspendidas, dióxido de azufre, monóxido de carbono y oxidantes fotoquímicos (como el ozono). Los controles locales empezaron prohibiendo la incineración de la basura doméstica en edificios residenciales y la quema de desechos al aire libre en las áreas urbanas, y controlando las emisiones de humo, primero en fuentes estacionarias de combustión y posteriormente en vehículos de diesel.

Los controles para vehículos de diesel originaron el principal programa nacional de control de la contaminación vehicular, PROCONVE, creado en 1986 y respaldado a partir de 1993 por una ley federal. PROCONVE estableció controles de emisiones para vehículos de ciclo Otto y diesel, logrando entre 1988 y 1997 una reducción general del 92 por ciento en las emisiones en vehículos de ciclo Otto (incluyendo un 97 por ciento en el monóxido de carbono, un 94 por ciento en los hidrocarburos y un 86 por ciento en los óxidos de nitrógeno). En 1990 se revisaron los estándares para mejorar los controles de fuentes estacionarias, regular los episodios críticos de contaminación del aire y establecer criterios de prevención con respecto a los procesos de combustión externa (como los existentes en generadores termoeléctricos y hornos) en áreas de conservación y áreas no saturadas (Texeira, 2001).

La segunda línea de acción más importante en el control de la contaminación por emisiones vehiculares fue la introducción, en 1975, del alcohol anhidro (conocido como alcohol etílico o gasohol), junto con incentivos para la producción de vehículos operados exclusivamente con gasohol. Para mediados de la década de los ochenta, el 90 por ciento de los vehículos vendidos era de gasohol, con una reducción general del 20 por ciento en las emisiones, y descensos sustanciales en el plomo, el bromuro y el cloruro, para los cuales los motores de gasolina eran la fuente más importante. A pesar de que la manufactura de vehículos que usan gasohol disminuyó en los noventa a sólo un 0,1 por ciento de las ventas totales, debido a la falta de políticas estatales para garantizar la producción de este combustible, desde 1998 el gobierno ha renovado los incentivos para esta tecnología (ver recuadro en la página 191).



© R. Burgos

### *Chile*

En Chile, el Plan de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana se preparó en 1990 y se amplió en 1997. Las estrategias del plan incluían la regulación de emisiones de los hogares e industriales, desarrollo de la capacidad de fiscalización, retiro de autobuses altamente contaminantes, control de la circulación y emisiones de los autobuses, la introducción de automóviles con convertidores catalíticos y la mejora de la calidad de combustibles, así como la pavimentación de las calles (O'Ryan y Larraguibel, 2000). Además, el gobierno introdujo un sistema de permisos transables de contaminación, que las industrias pueden vender o comprar para reducir sus emisiones totales (The Economist, 2002).

Una evaluación del cumplimiento del plan reveló que casi un 60 por ciento de las acciones propuestas se ejecutaron con éxito (CEPAL, 2000d). Como resultado, tanto la emisión de material particulado, como el número de días de alerta, preemergencia y emergencia, se han reducido de forma importante. La concentración de partículas suspendidas, por ejemplo, disminuyó entre 1989 y 1999 en un 24,1 por ciento para las menores de 10 micras, y en un 47,4 por ciento para las menores de 2,5 micras (CAPP, 2000).

El mismo sistema que redujo la concentración de partículas suspendidas se está aplicando ahora de forma preliminar a otras fuentes de contaminación. En el marco de un comité con participación de organismos públicos y privados, 46 compañías metalúrgicas han establecido un acuerdo para promover la adopción de medidas de producción limpia, particularmente en relación con la contaminación del aire y el manejo de los desechos sólidos.

### Reducción de la contaminación: casos exitosos (continuación)

#### México

En México, el Programa Integral Contra la Contaminación del Aire en el Valle de México empezó en 1990, con el fin de mejorar la calidad del aire en el área metropolitana del país. El Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 incluyó iniciativas como:

- el establecimiento del Fideicomiso Ambiental del Valle de México para financiar programas de mejoría de la calidad del aire a través de un impuesto sobre la gasolina;
- la Red Automática de Monitoreo Ambiental;
- programas de emergencia ambiental;
- programas de restricción vehicular “Un Día sin Auto”;
- un sistema de vigilancia epidemiológica;
- un programa de reforestación;
- educación ambiental en el área metropolitana de la Ciudad de México (INEGI, 1998).

Evaluaciones para el período 1991-1999 revelan que las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de azufre y plomo tuvieron una tendencia a mantenerse por debajo de los límites establecidos. En caso del ozono, no obstante existir una tendencia a la reducción de las concentraciones, todavía se sobrepasaba la norma en una alta proporción de los días del año; la concentración de partículas suspendidas, por el contrario, más bien aumentó en el período 1995-2000 (SEMARNAP, 2000; OPS, 2002).

Los logros en la mejora de la calidad del aire en la Ciudad de México —a pesar de las dificultades que persisten— han requerido de un fortalecimiento de la capacidad institucional, mejoras en los mecanismos de regulación, comunicación y participación ciudadana, y una mayor integración de las políticas metropolitanas. La participación ciudadana ha probado ser una variable de importancia fundamental (CEPAL, 2000b).

los umbrales permitidos. La Ciudad de México, Santiago de Chile y todas las grandes ciudades brasileñas han establecido estándares similares a los de la Organización Mundial de la Salud, a pesar de que son más tolerantes con la quema de carbón y el dióxido de azufre (CEPAL, 2000c). El aumento en las emisiones puede aliviarse sacando de circulación los vehículos viejos, subiendo el precio de la gasolina y cambiando a combustibles alternos (como el alcohol etílico hidratado y el gas en vez de la gasolina); varias de estas medidas se impulsaron en Brasil desde la década de 1980 y en México hacia 1995 (PNUMA, 2000; INEGI, 1998). Adicionalmente, la mayoría de países de la región está eliminando la gasolina con plomo. Para finales de 2001, 23 países de América Latina y el Caribe estaban libres de gasolina con plomo y, en comparación con 1990, la región en su conjunto había logrado una reducción del 90 por ciento en las emisiones atmosféricas de plomo provenientes de la gasolina (ARPEL, 2001).

Sin embargo, algunos contaminantes son más difíciles de reducir que otros. Por ejemplo, en 2000 los promedios anuales de concentración de partículas suspendidas (totales y menores a 10 micras de diámetro), provenientes de fuentes móviles, excedía las normas internacionales en cuatro de seis capitales centroamericanas (Swisscontact, 2001). El dióxido de nitrógeno estaba bajo la norma sólo en dos de ellas, mientras que el ozono troposférico y el plomo excedían la norma en otras dos.

### Impactos de la reducción del ozono estratosférico y respuestas regionales

En septiembre del 2000, el agujero en la capa antártica de ozono llegó a su máximo tamaño registrado: aproximadamente 28 millones de kilómetros cuadrados, más de 2.5 veces mayor que el promedio registrado entre 1979 y 1992. Al final de septiembre, los niveles de ozono mínimos también fueron los menores registrados: la mitad del promedio entre 1964 y 1976, antes de que el agujero apareciera (WMO, 2001; NASA, 2001).

El problema del agujero en la capa de ozono tiene impactos regionales importantes en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay. Informes oficiales de Argentina —por ejemplo— indican que Tierra del Fuego y (en menor grado) el sur de la Patagonia estuvieron bajo el agujero durante diez días en el año 2000, con valores de ozono que estaban entre los menores en registro (Canziani, 2000). Esto produjo niveles de radiación ultravioleta “similares a aquellos en la ciudad de Buenos Aires en el verano”.

La producción y el consumo mundiales de clorofluorocarbonos (CFCs) constituyen la causa principal en la reducción en el ozono estratosférico, y han estado bajo

### Crecimiento del agujero en la capa de ozono (1985, 1999, 2000)



Fuente : NASA, 2001.

control desde la entrada en vigor del Protocolo de Montreal en 1987. Su implementación en los países desarrollados ha significado una reducción dramática — casi un 95 por ciento— del nivel anual de producción (de más de un millón de toneladas en 1986 a poco más de 46 mil toneladas en 1998), aunque aumentó ligeramente en 1999-2000.

Por el contrario, la producción en los países en desarrollo (especialmente en Asia, donde alcanza tres cuartas partes de la producción total de los países en desarrollo) continuó aumentando y se duplicó entre 1986 y 1995 (de 56.068 a 115.185 toneladas), para luego empezar una tendencia declinante hasta el año 2000 (UNEP, 2002c).

El consumo mundial de CFCs, por su parte, bajó de 1.078.634 toneladas en 1986 a 148.151 toneladas en 1999 (para el año 2000 no se tiene el importante dato del consumo en China, que fue de 42.983 toneladas en 1999) (UNEP, 2002c). Esta reducción de más del 85 por ciento corresponde en su mayoría a los países desarrollados y explica porqué el consumo total de los países

en desarrollo fue unas cinco veces mayor que el de los países desarrollados en 1999.

En América Latina y el Caribe, la producción de CFCs llegó entre 1986 y 2000 a un total acumulado de 342.034 toneladas, equivalente a un 5,8 por ciento de la producción mundial y aproximadamente un tercio de la producción total de los países en desarrollo durante ese período (UNEP, 2002c). México, Brasil, Venezuela y Argentina (en orden decreciente) han sido los únicos productores en la región, con México y Brasil acumulando un 72,8 por ciento de la producción total en estos años. Los cuatro países pudieron reducir su producción anual de CFCs al final del período. Como resultado, la producción regional de CFCs en el año 2000 fue un 44,0 por ciento menor al volumen alcanzado en 1986. Brasil dejó de producir CFCs en 2000 (UNEP, 2002c).

El consumo regional acumulado de estas sustancias durante el período fue un poco superior a la producción: 391.929 toneladas. En 2000, la región solo consumió un 61,2 por ciento del volumen consumido en

### Riesgos del ozono en Punta Arenas y Santiago de Chile

El agujero en la capa de ozono no es un tema placentero para los 120.000 habitantes de Punta Arenas, la ciudad más austral de Sudamérica. Sin embargo, en 2000 se descubrió que el agujero representa —al contrario de lo que se pensaba— un riesgo sanitario mayor para los residentes de Santiago, ubicada más de 2.000 kilómetros al norte, donde la incidencia de cáncer de la piel es mucho mayor.

Los residentes del extremo sur, a pesar de recibir más radiación solar sin filtrar, resultan menos afectados debido al clima hostil y ventoso —en octubre se han registrado vientos de 120 kilómetros por hora—. La vida en Punta Arenas tiene lugar bajo techo, en hogares con calefacción y la gente tiene menor propensión a encontrarse a la intemperie con la cabeza o los brazos descubiertos.

Fuente: Guijarro, 2001.

## Esfuerzo global para reducir las sustancias reductoras del ozono

En 1974 se publicó el primer estudio que asociaba el agotamiento del ozono estratosférico con la liberación de cloro en la producción de aerosoles y refrigerantes. Entre las principales sustancias destructoras del ozono y los procesos industriales que las generan están los siguientes:

- clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroclorofluorocarbonos, usados en equipos de refrigeración comerciales y domésticos, propulsores de aerosoles y espumas, pre-polímeros para aislamiento y otras aplicaciones;
- solventes como tricloroetano y cloroformo de metilo para limpiar metales;
- halones en extintores de fuego;
- hidrobromofluorocarbonos;
- bromuro de metilo en compuestos utilizados para fumigar cosechas y productos de exportación.

A pesar de que un 90 por ciento de las emisiones de sustancias destructoras del ozono ocurren en Europa, Norteamérica y Japón, los contaminantes se propagan por toda la atmósfera en un período de 12 a 24 meses. El cloro y el bromuro en estas emisiones quedan latentes sobre la Antártida durante el invierno austral, debido a características atmosféricas peculiares. Cuando la luz regresa al polo sur en la primavera (setiembre-noviembre), estos compuestos destruyen rápidamente el ozono existente, provocando concentraciones hasta un 70 por ciento menores a las observadas antes de que este fenómeno apareciera a mediados de la década de 1980 (WMO y UNEP, 1998; 2002).

La pérdida del ozono estratosférico ha causado un aumento promedio de entre cuatro y siete por ciento en la radiación ultravioleta B (UV-B) a lo largo del año en las latitudes medias del hemisferio norte y de 6 por ciento en las mismas latitudes del hemisferio sur (UNEP, 1999b). Sin embargo, durante la primavera austral, el aumento en la radiación UV-B es mucho mayor —alrededor de un 130 por ciento— como consecuencia de la pérdida del ozono. En años recientes también ha habido concentraciones inusualmente bajas de ozono en las altas latitudes del norte —aunque no tan bajas como en las del sur—, se cree que como resultado de inviernos estratosféricos extraordinariamente severos en estas zonas (WMO y UNEP, 2002).

En 1977, el PNUMA convocó a la primera conferencia de expertos sobre la destrucción de la capa de ozono, y se adoptó el primer plan de acción mundial en este campo, prohibiendo el uso de ciertos productos emisores de CFCs. Estas iniciativas dieron origen a la Convención de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono (1985) y al Protocolo de Montreal sobre Sustancias Dañinas a la Capa de Ozono (1987), en los cuales los países desarrollados asumieron el compromiso de reducir para 1999 la producción y el consumo de CFCs y otras sustancias controladas en un 50 por ciento de los niveles de 1986. Las enmiendas subsiguientes a estos acuerdos (Londres, 1990; Copenhague, 1992; Montreal, 1997, y Beijing, 1999) han aumentado la lista de sustancias controladas y reducido algunos de los periodos para eliminarlas. A fines de 2002, 184 países habían ratificado la Convención de Viena y 183 países habían ratificado el Protocolo de Montreal, mientras que las enmiendas de Londres, Copenhague, Montreal y Beijing habían sido ratificadas por 163, 141, 83 y 36 países respectivamente (UNEP, 2002c). La conferencia de 1997 estableció un plan de acción para la capa de ozono, coordinado por el PNUMA y la Organización Meteorológica Mundial, que sirve como marco para muchas actividades en este campo.

En el Protocolo de Montreal, los países que tenían tasas de consumo de CFCs menores a 0,3 kilogramos anuales por habitante antes de 1999 se catalogan como "países en desarrollo". A estos países, que incluyen todos los de América Latina y el Caribe, se les otorgó un período de gracia de 10 años para cumplir con las medidas de control, obligatorio siempre y cuando la ayuda financiera y las acciones de transferencia de tecnología también acordadas en el tratado se hayan cumplido. Para estos países, el protocolo estableció un congelamiento en el nivel de consumo y producción de CFCs en 1999, correspondiente al 100 por ciento del promedio anual entre 1995 y 1997. El Protocolo y sus enmiendas también han establecido fechas para el congelamiento en el consumo de halones (2002), bromuro de metilo (2002) y otros CFCs (2003), así como una reducción ulterior en el consumo de sustancias destructoras del ozono para el año 2005 (85 por ciento en tetracloruro de carbono, 50 por ciento en CFCs y halones, 30 por ciento en tricloroetano y 20 por ciento en bromuro de metilo).

Las estimaciones disponibles indican que el grado de implementación alcanzado hasta ahora en el Protocolo de Montreal permitirá que se restaure la concentración de ozono estratosférico a sus niveles previos a 1980 para el año 2050, eliminando el agujero en la capa de ozono sobre la Antártida (UNEP, 1999b). Aunque la concentración combinada de sustancias destructoras de ozono comenzó a disminuir en la troposfera desde 1994, no fue sino hasta recientemente que los niveles de cloro han alcanzado —se cree— su nivel máximo en la estratosfera, mientras que la concentración de bromuro sigue creciendo en esta parte superior de la atmósfera (WMO y UNEP, 2002). Se estima que los niveles máximos de destrucción de ozono estratosférico se alcanzarán en la primera o segunda década del siglo veintiuno (WMO y UNEP, 1998).

Otras preocupaciones se relacionan con el impacto destructor del ozono que puedan tener las crecientes concentraciones troposféricas de bromo originado en halones industriales y bromuro de metilo (WMO y UNEP, 2002). La evidencia reciente sugiere que estas concentraciones pueden haberse más que duplicado desde la década de 1950 y aún están creciendo a una tasa anual de alrededor del 3 por ciento (dos tercios de la tasa reportada en 1996). En la actualidad, la contribución del bromo a la pérdida del ozono polar varía del 30 al 60 por ciento, y continuará aumentando en relación con el cloro hasta que se reviertan las actuales tendencias crecientes de los gases que lo originan.

1986. Los principales países consumidores son nuevamente Brasil, México, Venezuela y Argentina (en orden decreciente), con un 78,9 por ciento del consumo regional total en 2000.

En Brasil, el período para eliminar el consumo de CFCs es más restrictivo que los acuerdos generales en el Protocolo de Montreal, aunque se ha extendido de enero 2001 al 2007 (tres años antes de la fecha límite prevista en el protocolo) en un esfuerzo por no “sacar del negocio a las compañías pequeñas y medianas que no cuentan con tiempo para adaptarse”, de acuerdo con funcionarios del Ministerio del Medio Ambiente (Campanili, 2000). Las importaciones de CFC-12 (diclorofluorometano) en ese país se han venido restringiendo en forma gradual, empezando con una reducción de un 15 por ciento en 2001, y un 35 por ciento en 2002, hasta que se eliminan completamente en 2007. Las importaciones de CFC-11 (triclorofluorometano) solo se autorizan a compañías con proyectos de reconversión a tecnologías libres de CFC-11. Los funcionarios en el sector ambiental privado creen que el cese en la producción brasileña de CFCs podría alentar el contrabando para brindar sistemas de refrigeración que aún dependen de este gas; estas importaciones ilegales constituyeron alrededor de un 15 por ciento del consumo total de CFCs en 2000 (Campanili, 2000).

Por su parte, la estrategia mexicana para reducir el consumo de CFCs incluye acuerdos con la industria, la regulación de importaciones y exportaciones de sustancias controladas, el desarrollo de programas de capacitación técnica y la implementación de tecnologías limpias. Los proyectos han incluido refrigeración doméstica y comercial, solventes, espumas y aire acondicionado central y vehicular; muchos de ellos han sido apoyados por agencias internacionales como el Banco Mundial, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el PNUD y el PNUMA (SEMARNAP, 2000).

En la región se utilizan otras dos sustancias que están entre las principales destructoras del ozono, los halones y el bromuro de metilo (utilizados básicamente en los extintores de incendios y la agricultura, respectivamente), aunque no se producen regionalmente y tienen un consumo relativamente pequeño (UNEP, 2002c). En el caso de los halones, cuya “congelación” se acordó para 2002, sólo México y Belice reportaron consumo en 2000. Para el conjunto de la región, el nivel de consumo anual de halones se redujo en un 81,2 por ciento en el período 1986-2000. En cuanto al bromuro de metilo, cuyo consumo también se acordó congelar en 2002, la situación no es tan alentadora. La región ha consumido durante el período 1991-2000 un 11,0 por ciento del volumen mundial, y para el último año representaba un 16,0 por ciento del total. El consumo regional se triplicó entre 1991 y 1994, aunque bajó en 2000 al doble del año inicial. Dieciséis países todavía eran consumidores de esta sustancia destructora de ozo-

no en 2000. El 72 por ciento del consumo acumulado durante el período corresponde a México, Brasil, Costa Rica y Argentina (en orden decreciente).

A principios de 2003, los 33 países de la región eran partes de la Convención de Viena y el Protocolo de Montreal; 31 habían ratificado, accedido o aceptado la enmienda de Londres (1990); 30 eran partes de la enmienda de Copenhague (1992) y 15 eran partes de la enmienda de Montreal (1997), pero solamente 3 eran partes de la enmienda de Beijing (1999) (UNEP, 2003). Según el Protocolo de Montreal, estos países debieron congelar su consumo y producción de CFCs a los niveles de 1995-1997 para el 1º de julio de 1999 (UNEP, 2002b).

Para lograrlo, se han implementado sistemas de licencias con el fin de controlar la importación y exportación de estas sustancias. Las instituciones gubernamentales han contribuido con estos esfuerzos a través de diversas actividades –estableciendo y poniendo en vigor las regulaciones requeridas–, y se les han unido diversos organismos de la sociedad civil y la empresa privada. Con el fin de apoyar los esfuerzos nacionales para cumplir con la convención y el protocolo, se está desarrollando el programa “Acción Ozono” con el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente. En el caso de América Latina y el Caribe, la Oficina Regional del PNUMA actúa como una de las agencias ejecutoras del programa. Está a cargo de promover las redes regionales y los planes de gestión de refrigeración, y de apoyar a 22 de los 33 proyectos de fortalecimiento institucional vigentes. Los recursos del Fondo Multilateral han jugado un papel importante en estas actividades.

Las acciones reseñadas, sin embargo, no son suficientes para resolver plenamente el problema. El estado y las tendencias regionales en la producción y consumo de sustancias destructoras de ozono subrayan desafíos importantes para alcanzar los objetivos pertinentes del Protocolo de Montreal (PNUMA, 1999). Uno de ellos es que, tomando la producción de 1995-1997 como base para los cronogramas de eliminación acordados, la duplicación en el volumen producido entre 1986 y 1997 aumenta los niveles permitidos hasta el año de eliminación total.. También debe notarse que, a pesar de la virtual eliminación de los CFCs en los países industrializados, ha habido un aumento en las importaciones ilegales de estas sustancias en esos países, estimada en entre 20,000 y 30,000 toneladas al año (PNUMA, 1999). Estas importaciones ilegales son un incentivo para una mayor producción en los países en desarrollo.

El segundo desafío se relaciona con una creciente concentración troposférica de bromo, originada en halones industriales y bromuro de metilo, que revierte en alguna medida el éxito en el control de los CFCs (WMO y UNEP, 2002). La producción de halones disminuyó en los países desarrollados de 186.168 a 1.270

**Producción y consumo de clorofluorocarbonados en los cuatro principales países productores y consumidores de América Latina y el Caribe (en toneladas de potencial de agotamiento de ozono)**



Fuente: UNEP, 2002c.

### Cumplimiento con el Protocolo de Montreal y sus enmiendas (a setiembre de 2002)

	Ratificación	Firma	Consumo bajo límites acordados	Sistemas de licencia en operación	Legislación en desarrollo o aprobación
América Latina y el Caribe (33)	33	5	7	13	6
Caribe (13)	13	0	6	5	0
Mesoamérica (8)	8	2	0	6	1
Sudamérica (12)	12	3	1	2	5

0-25%	26-50%	51-75%	76-100%
-------	--------	--------	---------

Fuentes: Compilado por el equipo GEO-ALC a partir de UNEP 2000b y 2000c.

toneladas en el período 1986-2000, pero aumentó en los países en desarrollo de 11.290 a 49.467 toneladas en 1986-1997, antes de caer a cero en 2000 (UNEP, 2002c). Por otra parte, la producción de bromuro de metilo decreció de 39.601 a 26.086 toneladas en los países desarrollados durante el período 1991-2000. La producción en los países en desarrollo siempre ha sido una pequeña fracción del volumen total (menos de un 4 por ciento). Aunque ya se ha señalado que en América Latina y el Caribe no se producen estas sustancias, el consumo del bromuro de metilo sí es considerable, y ha llegado a ser casi una séptima parte del volumen mundial.

## Gases de efecto invernadero y cambio climático

Otro problema atmosférico global con impactos regionales es el cambio climático, agravado por la concentración de los llamados “gases de efecto invernadero”. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, tres gases —el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso— contribuyen aproximadamente en un 60, un 20 y un 6 por ciento, respectivamente, al calentamiento mundial (o “efecto invernadero”) originado en actividades humanas (McCarthy y otros, 2001). A pesar de que estos gases existen naturalmente en la atmósfera, la rápida liberación de cantidades adicionales es el resultado de actividades humanas (como la combustión de materiales fósiles, la deforestación y la agricultura).

Estimaciones mundiales basadas en el consumo neto aparente de combustibles fósiles indican que durante el período 1970-2000 hubo un aumento en las emisiones totales de dióxido de carbono hasta 1974, debido a la duplicación de emisiones por habitante entre 1950 y 1973. Estas emisiones se estabilizaron luego de 1974 —hasta el momento actual— básicamente por los altos

precios del petróleo (Marland y Boden, 2000c). En 1992, alrededor de un 84 por ciento de las emisiones mundiales de dióxido de carbono se originaron en los procesos industriales y un 16 por ciento en el cambio en el uso de la tierra (WRI y otros, 1998).

A mediados de la década de 1990, estas estimaciones preliminares indicaban que América Latina y el Caribe eran responsables de aproximadamente un 11 por ciento de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (el 4,3 por ciento de las emisiones originadas en procesos industriales, y un 48,3 por ciento de las provocadas por cambios en el uso de la tierra). Las emisiones regionales de metano provenientes de fuentes antropogénicas (principalmente la crianza de ganado y producción y consumo de combustible fósil) representan un 9,3 por ciento del total mundial (WRI y otros, 1996). Las emisiones promedio de dióxido de carbono por habitante en la región fueron de 2,7 toneladas en 1998, muy por debajo de las 10,2 toneladas calculadas para las economías con altos ingresos (19,4 toneladas en Norteamérica, 7,5 toneladas en Europa y Asia Central y 7,4 toneladas en Asia Occidental) y también más bajas que el promedio mundial de 3,9 toneladas (UNEP, 2002d).

Estas estimaciones indican que México y Brasil están entre los 20 principales países emisores de dióxido de carbono en el mundo, en orden de magnitud, mientras que Venezuela, Argentina, Colombia y Chile están entre los principales 60 países emisores (Marland y Boden, 2000a). En cuanto a las emisiones por habitante, varias naciones y territorios del Caribe (las Islas Vírgenes estadounidenses, las Antillas Neerlandesas, Aruba, Trinidad y Tabago, las Islas Caimán y las Bermudas), así como Venezuela, están entre los principales 60 países emisores, y todos son productores de petróleo (Marland y Boden, 2000b). Debido a la relativamente pequeña población del Caribe, esta contribución por habitante no es significativa en volumen total.

### Esfuerzo mundial contra el cambio climático

En forma paralela al movimiento internacional contra la destrucción del ozono, en 1979 se celebró la primera conferencia internacional sobre el clima mundial. Esta conferencia culminó con un llamado a los gobiernos a anticipar y prevenir potenciales cambios climáticos de origen humano que pudiesen afectar de forma adversa el bienestar de la humanidad. Continuando con estos esfuerzos, en 1988 se estableció el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, bajo la coordinación del PNUMA y de la Organización Meteorológica Mundial. El panel confirmó en 1990 la existencia de un proceso de calentamiento planetario influido por actividades humanas, el cual requería de acciones internacionales de mitigación y adaptación. La Asamblea General de las Naciones Unidas respondió al llamado, iniciando ese mismo año negociaciones que resultaron en la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en mayo de 1992.

En el contexto de esta convención, en 1997 se adoptó el Protocolo de Kyoto, proponiendo como compromiso vinculante para los países desarrollados —a cumplirse durante el período del 2008 al 2012— una reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero de al menos un 5 por ciento por debajo de sus niveles de 1990. Los detalles específicos del protocolo se definieron en las reuniones subsiguientes de la Conferencia de las Partes de la convención, y su puesta en vigor depende de que sea ratificada por 55 de las partes, incluyendo aquéllas responsables de al menos un 55 por ciento de las emisiones totales de dióxido de carbono de los países desarrollados en 1990. Durante 2002, varias de las partes de la convención cuyas emisiones combinadas permitirían la puesta en vigor de este compromiso ratificaron el protocolo (entre ellas, la Unión Europea, Japón, Canadá y Nueva Zelanda). Sin embargo, otros emisores de peso como Australia y la Federación Rusa aún no lo habían hecho (UNFCCC, 2003). Los Estados Unidos, donde se origina alrededor de un 25 por ciento de las emisiones mundiales, no han firmado el protocolo, a pesar de que ratificaron la convención en 1992.

De acuerdo con el Protocolo de Kyoto, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a los niveles acordados requerirá de medidas importantes relacionadas con una mayor eficiencia energética, reformas en los sectores energía y transporte, la promoción de formas de energía renovables, la eliminación de medidas fiscales inadecuadas y fallas de mercado, una mejor gestión de desechos y cambios en la tecnología agrícola y ganadera, así como la protección de bosques y otros sumideros de carbono.

Además de las políticas en estos campos —obligación y responsabilidad de cada país desarrollado participante en la convención y el protocolo—, se han propuesto tres mecanismos de cooperación para impulsar los cambios: iniciativas de “desarrollo limpio” para reducir las emisiones en los países en desarrollo, que resultarían en “créditos” de emisiones para los países desarrollados participantes; medidas conjuntas entre los países desarrollados para reducir emisiones, y la transferencia de “unidades de reducción de emisión”, para que los países con ventajas de mitigación puedan intercambiar resultados con otros países interesados. El debate internacional sobre el protocolo gira básicamente en torno a las reglas para la implementación de estos mecanismos, en qué medida sean complementarios o sustitutivos de medidas directas de reducción de emisiones nacionales, y, finalmente, los procedimientos para hacer cumplir los compromisos asumidos por las partes.

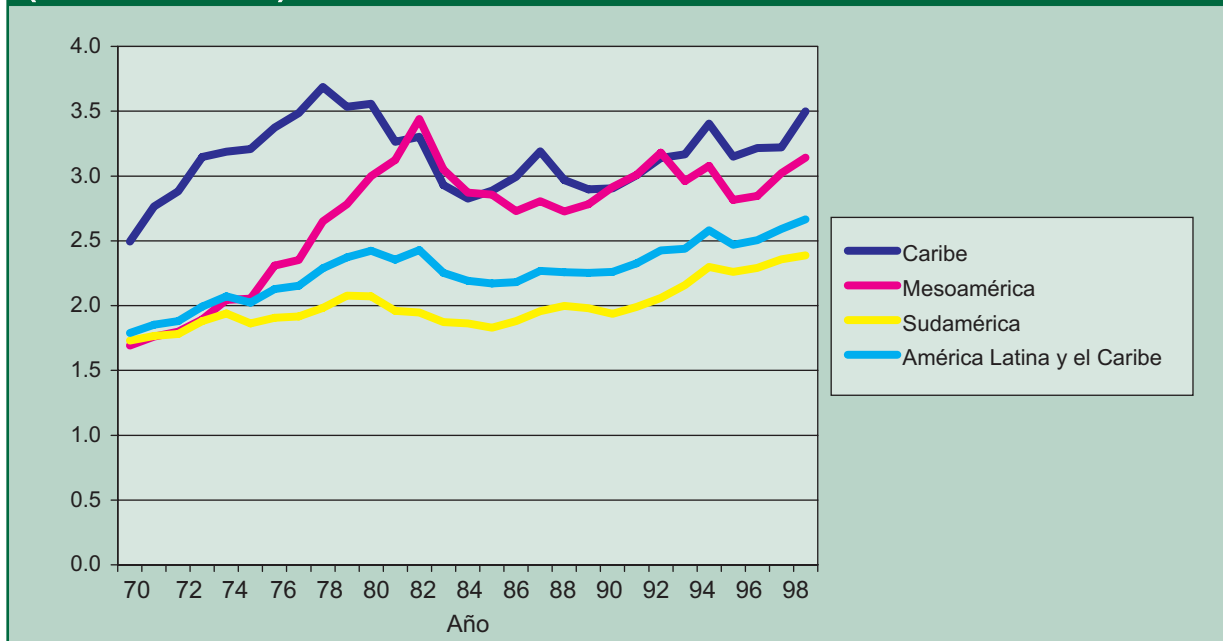
El suministro y consumo de combustibles fósiles originan cerca del 80 por ciento de las emisiones mundiales de dióxido de carbono, un 20 por ciento del metano y una importante cantidad de óxido nitroso (UNFCCC, 2001). Otras fuentes generadoras de dióxido de carbono son el cambio en el uso del suelo (por deforestación) y el sector forestal, y, en menor grado (alrededor de un 3 por ciento), la producción de cemento. Otras fuentes que generan metano, por otro lado, son el ganado (un 30 por ciento de las emisiones), el cultivo de arroz en tierras húmedas (un 20-25 por ciento) y la deposición de desechos. La agricultura aumenta las emisiones de óxido nitroso antropogénico, principalmente por el uso de fertilizantes.

La deforestación es considerada la principal fuente de emisiones atmosféricas en América Latina y el Caribe, particularmente debido al impacto sobre la cuenca amazónica; sin embargo, las estimaciones oficiales para Brasil, en donde sería más importante, aún no están disponibles (PNUMA, 1999; COPPE, 2002). Las grandes ciudades de la región, así como muchas ciudades me-

dianas, también emiten gases de efecto invernadero, principalmente debido al transporte automotor y la producción industrial. A pesar de que el dióxido de carbono es generalmente el principal gas de efecto invernadero, si la emisión total de gases de efecto invernadero se estima en unidades equivalentes al dióxido de carbono, el metano resulta más importante en países como Argentina, Chile y Uruguay (UNFCCC y SBI, 2000). Más de un 71 por ciento de las emisiones de metano se originan en el ganado en Sudamérica, y un 48 por ciento en México.

En todo caso, las estimaciones sobre emisiones sólo son aproximadas; en la mayoría de los países de la región es difícil obtener datos confiables (PNUMA 1999a, UNFCCC y SBI, 2000). La identificación de factores específicos de emisión para sistemas o regiones particulares es aún preliminar y las características de la situación forestal y los cambios en el uso de la tierra son difíciles de definir. En general, hay pocos datos o estos deben inferirse a partir de estadísticas heterogéneas e incluso de evidencia anecdótica. Además, existe una

**Emisiones de dióxido de carbono por habitante, América Latina y el Caribe, 1970-1998 (toneladas métricas)**



Fuente: UNEP, 2002e, compilado de los datos suministrados por CDIAC (2001), basado en la combustión neta de materiales fósiles y datos de población de la Organización de las Naciones Unidas.

**Emisiones de gases de efecto invernadero en unidades equivalentes de dióxido de carbono (horizontes de 100 años)**

	Emisiones	Potencial de calentamiento global (horizonte de 100 años)	Total relativo	Contribución relativa en porcentaje
<b>América Latina (27)</b>				
CO <sub>2</sub>	1.088.795,0	1	1.088.795,0	45,0
CH <sub>4</sub>	42.690,5	23	981.882,3	40,6
N <sub>2</sub> O	1.184,6	296	350.653,4	14,5
<b>Caribe (11)</b>				
CO <sub>2</sub>	23.561,0	1	23.561,0	15,3
CH <sub>4</sub>	856,0	23	19.688,0	12,8
N <sub>2</sub> O	372,7	296	110.307,4	71,8
<b>Mesoamérica (6)</b>				
CO <sub>2</sub>	444.493,0	1	444.493,0	77,4
CH <sub>4</sub>	4.914,0	23	113.022,0	19,7
N <sub>2</sub> O	57,6	296	17.037,8	3,0
<b>Sudamérica (10)</b>				
CO <sub>2</sub>	620.741,0	1	620.741,0	36,7
CH <sub>4</sub>	36.920,5	23	849.172,3	50,2
N <sub>2</sub> O	754,4	296	223.308,3	13,2

Fuente: UNFCCC, 2002c; CETESB, 2002; COPPE, 2002; EMBRAPA, 2002a; 2002b; Perdomo y otros, 1995.

## Inventarios nacionales sobre cambio climático

En febrero de 2003, veintisiete países de la región habían entregado comunicaciones oficiales al Secretariado de la Convención Marco sobre Cambio Climático con inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (UNFCCC, 2002a). Otros países (incluyendo Brasil y Venezuela) sólo han publicado informes preliminares (CETESB, 2002; COPPE, 2002; EMBRAPA, 2002a; 2002b; Perdomo y otros, 1995). A finales de 2002, el secretariado incluyó en su sitio de Internet una base de datos de acceso público con estos inventarios (UNFCCC, 2002b). Sin embargo, es importante tener en cuenta que la posibilidad de comparar los informes existentes es afectada por diferencias en la metodología y presentación de datos; además, pocos informes incluyen series históricas, lo cual dificulta determinar las tendencias nacionales o regionales.

### *Argentina*

En Argentina, las emisiones netas de dióxido de carbono fueron 66,7 millones de toneladas métricas en 1990 y 84,9 millones en 1994 (UNFCCC, 2002b). En ambos años, la combustión de materiales fósiles representa aproximadamente un 89 por ciento de las emisiones totales, excluyendo el cambio en el uso de la tierra y la silvicultura, sector que sirve como “sumidero” neto de carbono en Argentina. Las emisiones de metano se estimaron en 3,6 millones de toneladas métricas en 1990 y en 4,2 millones en 1994, generadas básicamente por la crianza de ganado (74,5 y 68,4 por ciento, respectivamente, para esos años).

### *Brasil*

De acuerdo con un inventario preliminar, Brasil tenía emisiones de dióxido de carbono de 107,3 millones de toneladas métricas en 1990 y 117,1 millones en 1994 (originadas en combustibles fósiles y quema de biomasa) (COPPE, 2002). Las emisiones brutas de dióxido de carbono provenientes de la quema de biomasa, en el sector de cambio de uso del suelo y silvicultura, fueron un 81 por ciento de las emisiones combinadas de los sectores de energía e industria en 1994 (no hay información disponible sobre las capturas de dióxido de carbono en el sector de cambio de uso del suelo y silvicultura); el promedio correspondiente para América Latina y el Caribe fue de un 28 por ciento (UNFCCC, 2002b).

Entre 1990 y 1994, las emisiones de dióxido de carbono originadas en combustibles fósiles aumentaron a una tasa mayor que la oferta doméstica bruta total de energía, indicando un mayor uso de combustibles intensivos en carbono en el sistema energético brasileño. Esto ocurrió a expensas de las fuentes renovables de biomasa, cuya participación en la oferta doméstica bruta de energía disminuyó de un 24,8 a un 22,3 por ciento (COPPE, 2002).

Las emisiones de metano en 1990 se estimaron en 10,1 millones de toneladas métricas, originándose básicamente en el ganado (90 por ciento) y en el tratamiento y deposición de desechos (7 por ciento) (EMBRAPA, 2002a; 2002b; CETESB, 2002).

### *México*

México aparece en la región como el principal emisor de dióxido de carbono, con emisiones netas de 444,5 millones de toneladas métricas en 1990 (INE y SEMARNAP, 1997). En 1990, la mayor fuente de emisiones fue el cambio en el uso de la tierra y la silvicultura, con un 30,6 por ciento de las emisiones; seguida de las industrias energética y de procesamiento, con un 24,4 por ciento; el transporte, con un 21,3 por ciento, y otras industrias (particularmente del cemento y la metalurgia), con un 14,6 por ciento. La combustión de materiales fósiles dio origen a un 67 por ciento de las emisiones. Las emisiones de metano se estiman en 3,6 millones de toneladas métricas para 1990, básicamente de la ganadería (48 por ciento) y las emisiones fugitivas de combustible (28,5 por ciento).

La segunda comunicación nacional del país a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático indica que las emisiones totales de dióxido de carbono (excluyendo el cambio en el uso de la tierra y la silvicultura, que solo se reportaron para un año) crecieron en un 73 por ciento en el período 1990-1996, a pesar de que disminuyeron en 1997 a solo un 33 por ciento del nivel de 1990 (INE y SEMARNAT, 2001). En 1996, las emisiones totales de gases de efecto invernadero (en unidades equivalentes al dióxido de carbono) se compusieron de un 75 por ciento de dióxido de carbono, un 23 por ciento de metano y un 2 por ciento de óxido nítrico.

### *Venezuela*

Según un inventario preliminar, Venezuela produjo 190,8 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono en 1990 (Perdomo y otros, 1995). El sector energía (principalmente combustión de materiales fósiles) originó un 56 por ciento de estas emisiones, y la deforestación originó el restante 44 por ciento (básicamente en la Amazonía venezolana, que se extiende por un 60 por ciento del territorio nacional). La fijación de carbono mediante el manejo de los bosques se estimó como equivalente a un 3 por ciento de las emisiones totales para ese año. Las emisiones de metano se estimaron en 3,2 millones de toneladas métricas, originándose básicamente en los sectores de energía y agricultura (un 58 y un 30 por ciento, respectivamente).

falta generalizada de infraestructura de monitoreo, excepto en algunas grandes áreas metropolitanas.

En muchos países se podrían reducir significativamente las emisiones de carbono, aprovechando sus fuentes renovables de energía de biomasa y estableciendo “sumideros” de carbono mediante programas de conservación de bosques y reforestación. Por ejemplo, el uso del etanol como sustituto de la gasolina puede reducir las emisiones de dióxido de carbono (ver la sección de *Tendencias socioeconómicas*). La Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible que adoptaron los países de la región en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002) tiene como meta aumentar el uso de energía renovable a un 10 por ciento del consumo energético total antes del año 2010 (PNUMA, 2002).

De acuerdo con los escenarios desarrollados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) sobre el proceso de calentamiento mundial, la temperatura promedio de la superficie planetaria aumentará entre 1,4 y 5,8 grados Celsius para el año 2100 en relación con 1990, y se prevé que el nivel promedio del mar aumente entre 0,09 y 0,88 metros en el mismo período (IPCC, 2001; McCarthy y otros, 2001). La tasa proyectada de calentamiento es mucho mayor que los cambios observados durante el siglo XX y es muy probable que no tenga precedente durante por lo menos en los últimos 10.000 años. También se cree probable que casi todas las tierras emergidas se calienten más rápidamente que el promedio global, particularmente en las latitudes altas del norte durante la temporada fría. Los modelos actuales indican que las crecientes temperaturas mundiales pueden afectar condiciones climáticas como la lluvia, la velocidad del viento y la frecuencia de eventos extremos (tormentas, lluvias torrenciales, huracanes y sequías). También hay impactos potenciales sobre las tasas de morbilidad y mortalidad humana relacionadas con el cambio climático. El aumento en la temperatura puede llevar a una mayor incidencia de tensión por calor, así como a la propagación de vectores de enfermedades tropicales en territorios más altos y a la proliferación de malaria, esquistosomiasis, dengue, fiebre amarilla y cólera, entre otras enfermedades (IPCC, 2001; McCarthy y otros, 2001).

A escala regional, el cambio climático también afectaría los ecosistemas, los recursos hídricos, la agricultura y los sistemas costeros en América Latina y el Caribe (IPCC, 1997). Desde una perspectiva ecosistémica, resultan particularmente vulnerables los bosques y pastizales, los sistemas montañosos y las zonas de transición. Un problema particularmente grave sería el aumento en la deforestación de la Amazonía, con un impacto importante en el ciclo mundial del carbono. Los cambios en el ciclo del agua pondrían especialmente en peligro las zonas áridas y semiáridas, así como la generación de energía hidroeléctrica, la producción de cereales y el ganado en lugares como Costa Rica, Pana-

má, el pie de monte andino, Chile y Argentina. El cambio en el patrón de precipitación tendría un efecto adverso sobre la productividad de varias cosechas en la región. Los sistemas costeros de muchos países en la región podrían perder territorio y biodiversidad, con daños en la infraestructura y problemas de salinización. Alrededor del 60 por ciento de la población regional vive a menos de 100 kilómetros de la costa (Cohen y otros, 1997), y muchas de las grandes áreas metropolitanas de la región son altamente vulnerables a un aumento en el nivel del mar, incluyendo, por supuesto, los principales puertos y ciudades costeras. Los pequeños estados insulares del Caribe están en mayor peligro, a pesar de que contribuyen poco a las emisiones de gas de efecto invernadero regional, y mucho menos a nivel mundial. Estos países están expuestos a consecuencias desproporcionadas (ver la sección sobre *Áreas costeras y marinas*).

Entre los indicadores del cambio climático global está la mayor frecuencia, persistencia e intensidad del fenómeno cíclico de larga data conocido como *El Niño/Oscilación Sur*. *El Niño* empieza con un calentamiento de las aguas superficiales en el Océano Pacífico oriental cercano al ecuador, alternando con ciclos de enfriamiento de estas mismas aguas (conocidos como *La Niña*) cada tres a cinco años. Durante los años de *El Niño*, ocurren sequías intensas o lluvias inusualmente copiosas, así como cambios en la disponibilidad de los recursos pesqueros, causando pérdidas socioeconómicas en muchas naciones de la región (ver también la sección de *Áreas costeras y marinas*).

## Respuestas regionales

El cambio climático es una amenaza para América Latina y el Caribe debido a la vulnerabilidad del medio ambiente (tanto natural como urbano) y a los altos niveles de pobreza en la región. A pesar de que este cambio es una preocupación mundial, varias cuestiones deben abordarse desde una perspectiva regional, incluyendo las siguientes:

- La magnitud y la tasa de cambio climático en diferentes partes de la región;
- La relativa vulnerabilidad de los sistemas ecológico y socioeconómico al cambio climático, y su impacto sobre ellos;
- La identificación e implementación de opciones viables de respuesta y la capacidad de la región para impulsar las mejores opciones, y
- El papel efectivo de los países de la región para promover medidas regionales e internacionales.

La urgencia de tomar medidas es resaltada por el hecho de que aún si las concentraciones de gases con efecto invernadero se estabilizaran en los niveles pre-

### Impacto climático regional asociado con el fenómeno de *El Niño*



sentés, algo del impacto predicho persistiría durante cientos de años debido al largo tiempo que requiere el ambiente para adaptarse al cambio climático (IPCC, 2001; McCarthy y otros, 2001).

La respuesta regional al cambio climático se sitúa básicamente dentro del marco de los principios y lineamientos aceptados por las 33 naciones de América Latina y el Caribe que, para setiembre de 2000, habían ratificado la Convención Marco sobre Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés). De esas 33 naciones, 24 habían ratificado el Protocolo de Kyoto para noviembre de 2002 (UNFCCC, 2002a).

Las principales actividades de mitigación y adaptación propuestas por la UNFCCC incluyen medidas dirigidas a los sectores de energía, transporte, agricultura, manejo de desechos y mejoras en la captura de dióxido de carbono. A título de ejemplo, el siguiente cuadro presenta actividades planeadas o en curso en cinco de los países de la región que han presentado comunicaciones nacionales al Secretariado de la UNFCCC: Argentina, Chile, El Salvador, México y Uruguay.

Es importante tomar en consideración la diversidad de posiciones que las naciones de América Latina y el Caribe mantienen en cuanto al papel que los sumideros de carbono pueden o deben desempeñar en la implementación del Protocolo de Kyoto. Este fue uno de los puntos de mayor controversia durante las negociaciones para definir reglas y detalles operacionales, en cinco conferencias de las partes celebradas entre 1998 y 2001 (IISD, 2000; 2001; Ott, 2002).

Tres grupos de países han expresado posiciones diferentes sobre este asunto. El llamado “grupo incluyente” (Estados Unidos, Canadá, Australia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, la Federación Rusa y Ucrania) abogó por reconocer como mecanismos de desarrollo limpio y e implementación conjunta a actividades que “capturan” carbono de la atmósfera (tales como la conservación del bosque, la reforestación y las plantaciones forestales). El “grupo de integridad ambiental” (Suiza, México y la República de Corea), mantiene una posición similar al grupo “incluyente”, pero con un interés económico relativamente menor en el resultado; en la región, este grupo recibió el apoyo de Bolivia, Chile, Costa Rica, Colombia, Perú y Uruguay. Entre aquéllos que se oponen a este enfoque y están en favor de colocar un límite absoluto sobre el papel de los sumideros como parte de los mecanismos de implementación están la Unión Europea y diversos países en desarrollo, incluyendo a Brasil y Jamaica. Su posición es incluir sólo proyectos que promueven la reducción de emisiones y no aquellos que “capturarían” emisiones presentes o futuras. En la séptima conferencia de las partes celebrada en Marrakech, en noviembre de 2001, se llegó a un acuerdo para aceptar el uso de estos y otros mecanismos sólo como un “complemento” de acciones que reduzcan directamente las emisiones en cada país.

Otras medidas convergentes con las metas de la UNFCCC son mejorar el marco legal relacionado con la conservación del bosque y la reforestación, y el establecimiento de restricciones sobre la contaminación del aire. México ha asumido medidas en ambos campos, y muchas otras naciones de la región, como Uruguay y varios países de Centroamérica, han reformado recientemente su legislación forestal. En el Caribe, solo Aruba y Cuba han actualizado la legislación ligada con asuntos de la UNFCCC, pero más de diez países en la subregión han establecido mecanismos para coordinar sus acciones de adaptación al cambio climático global. También se están impulsando instrumentos económicos innovadores, incluyendo —como en Costa Rica— el comercio de certificados negociables de mitigación de gases de efecto invernadero y los impuestos “verdes” sobre la gasolina (PNUMA, 2000).

En el campo de la energía, varios países de la región están promoviendo la eficiencia energética y el uso de fuentes alternas (viento, sol, agua, biomasa y biogás) (PNUMA, 2000). El uso de la energía del viento está en experimentación en Barbados, Costa Rica, Cuba, Curazao y Jamaica, entre otros. Curazao ha estado operando una planta de energía del viento de 3 megavatios desde 1993, y en 1999, Barbados tenía instaladas más de 31.000 unidades de calentamiento solar de agua (MPE, 2001). Por su parte, Costa Rica acaba de aprobar un proyecto para comerciar certificados negociables de mitigación con un consorcio público-privado en Holanda; la base es una planta de viento de 20 megavatios. La biomasa se usa como fuente de energía en la industria de la caña de azúcar en países como Brasil, Costa Rica y Cuba. La promoción del uso de celdas fotovoltaicas ha crecido en la región. Cuba, por ejemplo, ha llevado electricidad solar fotovoltaica a más de 1.900 escuelas rurales (de un total de casi 9.000) y 300 consultorios médicos en todo el país (EcoPortal.net, 2003; Red Solar, 2003).

Estas actividades muestran el surgimiento de una orientación predominantemente preventiva en las acciones y políticas diseñadas para contrarrestar el impacto de los contaminantes atmosféricos. Tanto en el caso de los gases de efecto invernadero como con las sustancias que dañan la capa de ozono, el avance de estas iniciativas requerirá no sólo de la comunicación y cooperación entre muchas partes (agencias gubernamentales, iniciativa privada, organismos internacionales y organizaciones civiles), sino también de intercambio tecnológico y de la promoción de mecanismos financieros efectivos en toda la región.

## Mitigación del cambio climático y adaptación en países seleccionados

	Argentina	Chile	El Salvador	México	Uruguay
Sector energía	+Eficiencia o conservación energética +Fuentes renovables de energía	+Eficiencia o conservación energética +Fuentes renovables de energía	+Eficiencia o conservación energética +Combustibles alternativos +Fuentes de energía renovables	+Eficiencia o conservación energética +Combustibles alternativos	
Transporte	+Combustibles limpios o de biomasa	+Mejores medios de transporte +Mantenimiento y mejora de vehículos	+Mejores medios de transporte +Mantenimiento y mejora de vehículos	+Combustibles limpios o de biomasa +Mejores medios de transporte +Impuestos sobre vehículos y uso de autopistas	
Agricultura	+Agricultura con poca labranza +Mejor gestión de ganado	+Mejor gestión de ganado +Sustitución de importaciones agrícolas	+Uso apropiado de fertilizantes +Manejo pos-cosecha		+Agricultura con poca labranza +Incorporación de desechos de plantas al suelo +Mejor gestión del ganado
Manejo de desechos	+Uso de rellenos sanitarios +Combustión de metano en rellenos sanitarios		+Recuperación de metano en rellenos sanitarios y en plantas de tratamiento de aguas residuales		+Uso de rellenos sanitarios +Uso de desechos para generar energía eléctrica
Mayor capacidad en sumideros (en muchos casos como proyectos de mitigación dentro del mecanismo de desarrollo limpio)	+Plantaciones	+Legislación forestal, planes de administración forestal e incentivos para la reforestación	+Conservación de la cubierta forestal existente +Reforestación	+Conservación de la cubierta forestal existente +Reforestación +Plantaciones +Prevención y control de incendios forestales +Agroforestería	+Mejor explotación maderera

Fuente: UNFCCC y SBI, 2000

## Referencias

- ARPEL (Asociación Regional de Compañías Petroleras y de Gas Natural), 2001: *Estrategias de especificación de combustible en ALC y países en desarrollo, Conferencia mundial sobre combustibles en ALC*, 13-14 de agosto de 2001, Río de Janeiro, Brasil.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1999: *Toxicological profile for lead*, ATSDR, Atlanta, Georgia, Estados Unidos.
- Campanili, M., 2000: "Prazo para eliminar gás que afeta camada de ozônio será ampliado", en *O Estado de São Paulo*, Sao Paulo, Brasil, 28 de noviembre.
- Canziani, P., 2000: *Boletín Agujero de la capa de ozono, 20 de octubre de 2000*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, Argentina (en [http://www.medioambiente.gov.ar/ozono/boletines/boletin\\_2010.htm](http://www.medioambiente.gov.ar/ozono/boletines/boletin_2010.htm), consultado el 29 de enero de 2001)
- CAPP (Centro de Análisis de Políticas Públicas), 2000: *Estado del Medio Ambiente en Chile – 1999: Informe País*, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), 2000a: *De la urbanización acelerada a la consolidación de los asentamientos humanos en América Latina y el Caribe: El espacio regional. Conferencia Regional de América Latina y el Caribe, preparatoria del período extraordinario de sesiones para realizar un examen y evaluación general de la aplicación del Programa de Hábitat, LC/G.2116*, 25-27 de octubre de 2000, Santiago, Chile.
- —, 2000b: *Conciencia ciudadana y contaminación atmosférica: Estado de situación en la ciudad de México, LC/R 1987*, CEPAL, Santiago, Chile.
- —, 2000c: *Conciencia ciudadana y contaminación atmosférica: Estado de situación en el área metropolitana de Santiago de Chile, LC/R 2022*, CEPAL, Santiago, Chile.
- —, 2000d: *Equidad, Desarrollo y Ciudadanía*, CEPAL, Santiago, Chile.
- CETESB (Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental), 2002: *Methane emissions from waste treatment and disposal in Brazil*, CETESB, Sao Paulo, Brasil.
- —, 1992: *Relatorio de Qualidade do Ar em São Paulo*, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, CETESB, Sao Paulo, Brasil.
- CICESE (Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada), 1999: *El CICESE en el estudio del fenómeno de El Niño*, CICESE, Ensenada, Baja California, México (en <http://elnino.cicese.mx/>, consultado el 14 de abril de 2003).
- Cochrane, M. A., editor, 2002: *Se extienden como un reguero de pólvora: incendios en bosques tropicales en América Latina y el Caribe – prevención, evaluación y alerta temprana*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México, D. F.
- Cohen, J. E., C. Small, A. Mellinger, J. Gallup, J. Sachs, 1997: "Estimates of coastal populations", en *Science*, Washington, D.C., Estados Unidos, volumen 278, 1211-1212.
- COPPE (Instituto de Estudios Superiores e Investigación en Ingeniería Alberto Luiz Coimbra), 2002: *First Brazilian inventory of anthropogenic greenhouse gas emissions. Background reports. Carbon dioxide emissions from fuel burning: top-down approach*, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Brasilia, Brasil.
- EcoPortal.net, 2003: "Cuba electrifica el país con fuentes de energía renovables: Celdas solares iluminan las serranías", en *Noticias y Novedades de EcoPortal*, N° 79 (Argentina) (en <http://www.ecoport.net/noti/notas965.htm>, consultado el 11 de julio de 2003).
- EMBRAPA (Brazilian Agricultural Research Corporation), 2002a: *First Brazilian inventory of anthropogenic greenhouse gas emissions. Background reports. Methane emissions from livestock*, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Brasilia, Brasil.
- —, 2002b: *First Brazilian inventory of anthropogenic greenhouse gas emissions. Background reports. Methane emissions from rice cultivation*, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Brasilia, Brasil.
- —, 2002c: *First Brazilian inventory of anthropogenic greenhouse gas emissions. Background reports. Emissions of greenhouse gases from burning of agricultural residues*, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Brasilia, Brasil.
- Griffin, D. W., V. H. Garrison, J. R. Herman, E. A. Shinn, 2001: "African desert air in the Caribbean atmosphere: Microbiology and Public Health", en *Aerobiología*, Dordrecht, Holanda, volumen 17 (número 3), 203-213.
- Guijarro, S., 2001: "Sunshine through the Ozone Hole", en *Tierramérica*, 11 de octubre, Tierramérica, Montevideo, Uruguay (en <http://www.tierramerica.net/2001/1104/articulo.shtml>, consultado el 9 de octubre de 2002).
- IISD (International Institute for Sustainable Development), 2001: "Summary of the seventh Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change: 29 October – 10 November 2001", en *Earth Negotiations Bulletin*, Nueva York, Nueva York, Estados Unidos, volumen 12 (número 189).
- —, 2000: "Summary of the sixth Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change: 13-25 November 2000", en *Earth Negotiations Bulletin*, Nueva York, Nueva York, Estados Unidos, volumen 12 (número 163).
- IMO (International Maritime Organization), 1995: *Global Waste Survey. Final Report*, IMO, Manila, Filipinas.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 2000: *Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000*, INEGI, Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- —, 1998: *Estadísticas del medio ambiente. México, 1997*, INEGI, Aguascalientes, Aguascalientes, Mexico.
- INE, SEMARNAT (Instituto Nacional de Ecología; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2001: *México. Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, INE y SEMARNAT, México, D.F., México.
- —, 1997: *México. Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, INE y SEMARNAT, México, D.F., México.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos).
- —, 1997: *Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. Informe especial elaborado por el Grupo de Trabajo II, Pánel Internacional sobre Cambio Climático, noviembre de 1997*, Ginebra, Suiza.
- Lemieux, P. M., C. C. Lutes, J. A. Abbott, K. M. Aldous, 2000: "Emissions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans from the open burning of household waste in barrels", en *Environmental Science and Technology*, Washington, D.C., Estados Unidos, volumen 3: 377-384
- McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, K. S. White, editores, 2001: *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 University Press, Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos).
- Marland, G., T.A. Boden, 2000a: *Ranking of the world's countries by 1996 total CO<sub>2</sub> emissions from fossil-fuel burning, cement production, and gas flaring*, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos.

- —, 2000b: *Ranking of the world's countries by 1996 CO<sub>2</sub> per capita emission rates*, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos.
- —, 2000c: "Global, Regional, and National CO<sub>2</sub> Emissions", en *Trends: A Compendium of Data on Global Change*, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos.
- MPE (Ministry of Physical Development and Environment of Barbados), 2001: *GEO Barbados: State of the Environment Report 2000*, MPE, St. Michael, Barbados.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), 2001: *Ozone hole monitoring*, NASA, Washington, D.C., Estados Unidos (en <http://toms.gsfc.nasa.gov/eptoms/dataqual/ozone.html>, consultado el 31 de enero de 2001).
- OPS (Organización Panamericana de la Salud), 2002: *La salud en las Américas*, edición de 2002, Publicación Científica N° 587, OPS, Washington, D.C., Estados Unidos, volumen 1.
- —, 1998: *La salud en las Américas*, edición de 1998, Publicación Científica N° 569, OPS, Washington, D.C., Estados Unidos, volumen 1.
- OPS, CEPIS (Organización Panamericana de la Salud; Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), 2000: *Plan regional sobre calidad del aire urbano y salud para el período 2000-2009*, OPS/CEPIS/99.21(AIRE), OPS y CEPIS, Lima, Perú.
- O'Ryan, R., L. Larraguibel, 2000: *Contaminación del Aire en Santiago: Estado Actual y Soluciones*, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Ott, H. E., 2002: *Climate Policy After the Marrakesh Accords: From Legislation to Implementation*, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, Alemania.
- Perdomo, M., N. Pereira, Y. Bonduki, 1995: *Venezuela: Inventario Nacional Preliminar de Gases de Efecto Invernadero*, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables; Ministerio de Energía Urbana y Minas, Caracas, Venezuela.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 2002: *Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible*, UNEP/LAC-SMIG.1/2, Johannesburgo, 31 de agosto de 2002.
- —, 2000: *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente 2000*. PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México, D.F., México.
- —, 1999: *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000*, PNUMA y Mundi Prensa Madrid, España.
- Red Solar, 2003: "Electrificación solar fotovoltaica de escuelas primarias rurales en apoyo al programa audiovisual", *Red Solar* (Cuba) (en <http://www.cubasolar.cu/proyectos/pav.html>, consultado el 10 de julio de 2003).
- Rosa, L. P., M. T. Tolmasquim, E. La Rovere, L. F. Legey, J. Miguez, R. Schaeffer, 1996: *Carbon dioxide and methane emissions: a developing country perspective*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Schteingart, M., 1987: *Expansión urbana, conflictos sociales, y deterioro ambiental en la ciudad de México*, El Colegio de México, México D.F., México.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), 2000. *La gestión ambiental en México*. Mexico, D.F., México.
- Swisscontact (Swiss Foundation for Technical Cooperation), 2001: *Calidad del aire en América Central 2000*, Swisscontact, Zürich, Suiza.
- Teixeira, I., 2001: *Nota técnica para GEO-3, Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- The Economist., 2002: "The Americas: Air pollution in Latin America – The right to drive or the right to breathe?", en *The Economist*, 9 de marzo.
- UNDP (United Nations Development Programme), 2002: *Human Development Report 2002*, Oxford University Press, New York, Estados Unidos.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2003: *Status of Ratification/Accession/Acceptance/Approval of the agreements on the protection of the stratospheric ozone layer*, UNEP Ozone Secretariat, UNEP, Nairobi, Kenia (en <http://www.unep.org/ozone/ratif.shtml>, consultado el 2 de febrero de 2003).
- —, 2002a: *Global Mercury Assessment*, Inter-organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC), UNEP Chemicals, Geneva, Suiza.
- —, 2002b: *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 UNEP/OzL.Pro.13/3/Add. 1*, UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenia.
- —, 2002c: *Production and Consumption of Ozone Depleting Substances under the Montreal Protocol 1986 - 2000*, UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenia.
- —, 2002d: *Global Environment Outlook 3 Data Compendium*, UNEP/DEWA/RS.02-5, UNEP's Division of Early Warning and Assessment, Global and Regional Integrated Data (DEWA-GRID), Ginebra, Suiza.
- —, 1999a: *Caribbean Environment Outlook*, UNEP, Nairobi, Kenia.
- —, 1999b. *Production and Consumption of Ozone Depleting Substances 1986-1998*, UNEP Ozone Secretariat, UNEP, Nairobi, Kenia.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2003: *Kyoto Protocol: status of ratification*, UNFCCC, Bonn, Alemania (en <http://unfccc.int/resource/kpstats.pdf>, consultado el 11 de febrero de 2003).
- —, 2002a: *Table of national communications*, UNFCCC, Bonn, Alemania (en <http://www.unfccc.int/resource/natcom/nctable.html>, consultado el 6 de noviembre de 2002).
- —, 2002b: *Greenhouse gas inventory database*, UNFCCC, Bonn, Alemania (en <http://ghg.unfccc.int>, consultado el 15 de noviembre de 2002).
- —, 2002c: *Greenhouse gas inventory database*, UNFCCC, Bonn, Alemania (en <http://ghg.unfccc.int>, consultado el 15 de noviembre de 2002).
- —, 2001: *Climate change information sheets*, UNFCCC y UNEP, Nairobi, Kenia.
- UNFCCC, SBI (United Nations Framework Convention on Climate Change; Scientific Body for Implementation), 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*, UNFCCC, Bonn, Alemania.
- USGS, 2000: *Coral mortality and African dust*, USGS, Reston, Virginia, Estados Unidos (en [http://coastal.er.usgs.gov/african\\_dust/](http://coastal.er.usgs.gov/african_dust/), consultado el 17 de abril de 2003)
- WHO (World Health Organization), 2000: *Air quality guidelines*, WHO, Ginebra, Suiza.
- WMO (World Meteorological Organization), 2001: *Antarctic Ozone Bulletin #3/2001*, WMO, Ginebra, Suiza (en <http://www.wmo.ch/web/arep/01/ozbull3.html>, consultado el 15 de noviembre de 2001).
- WMO, UNEP (World Meteorological Organization; United Nations Environment Programme), 2002: *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002*, WMO, Ginebra, Suiza
- —, 1998: *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998*, WMO, Ginebra, Suiza.
- WRI, UNEP, UNDP, World Bank (World Resources Institute; United Nations Environment Programme; United Nations Development Programme), 1998: *World Resources 1998-1999*, WRI, Washington, D.C., Estados Unidos.
- —, 1996: *World Resources 1996-1997*, WRI, Washington, D.C., Estados Unidos.