

Acción por el ozono

Edición 2000



PNUMA

Secretaría del Ozono

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente



PNUMA

Secretaría del Ozono
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
P. O. Box 30552, Nairobi, Kenya
Correo electrónico: Ozoneinfo@unep.org
<http://www.unep.org/ozone>
<http://www.unep.ch/ozone>

ISBN: 92-807-1886-X

Publicado en 2000

Producido por
La secretarías del
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono
El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono

Impreso y encuadernado en Kenya por la ONUN. Impreso en papel reciclado

Cubierta diseñada por la Imprenta de la ONUN (junio de 2000)

Coordinación: K. Madhava Sarma, Secretario Ejecutivo, Secretaría del Ozono, PNUMA
Nelson Sabogal, Oficial Superior de Asuntos Científicos, Secretaría del Ozono, PNUMA
Gilbert M. Bankobeza, Oficial Jurídico Superior, Secretaría del Ozono, PNUMA

Investigación y edición Duncan Brack, Consultor (dbrack@dircon.uk)
Michael Graber, Secretaría del Ozono, PNUMA
Ruth Batten, Secretaría del Ozono, PNUMA
Gerald Mutisya, Secretaría del Ozono, PNUMA

Composición y formato: Bo Sorensen/Jennifer Odallo, Imprenta de la ONUN
Martha Adila, Secretaría del Ozono, PNUMA

Índice

Prólogo	v
1. El escudo en el cielo	1
El agotamiento del ozono	1
2. Los “agujeros” en la capa de ozono	4
Sustancias milagrosas	4
Los “agujeros” en la capa de ozono	5
3. La salvación de la capa de ozono	8
Los comienzos	8
El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	9
El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono	9
4. El Protocolo de Montreal	12
Medidas de control de las sustancias destructoras del ozono	12
Instituciones y procedimientos	13
Los Países en desarrollo y el Fondo Multilateral	14
5. El impacto del régimen para la protección del ozono	16
Historia del régimen para la protección del ozono	16
Alternativas a las sustancias destructoras del ozono	17
Nuevos Problemas	18
6. El futuro del régimen para la protección del ozono	20

Prólogo

Imaginémos un mundo sin los tratados dirigidos a proteger la capa de ozono estratosférica de La Tierra.

La producción y el consumo de productos químicos industriales tales como los clorofluorocarbonos (CFC) y los halones irían en constante aumento. Y llegaron a los hogares y los vehículos de cientos de millones de familias alrededor del mundo incorporados en productos tales como refrigeradores, acondicionadores de aire, nebulizadores, y espumas aislantes y para mobiliarios.

Parte del atractivo de esas sustancias es su estabilidad. No se descomponen fácilmente por acción del calor, la presión o las reacciones químicas. Pero esa misma estabilidad significa que cuando se liberan en la atmósfera, sobreviven a la diseminación en la atmósfera. En ese mundo sin tratados, las concentraciones de esas sustancias químicas alcanzan un valor cinco veces mayor que el actual y nueve veces el valor previsto para 2050.

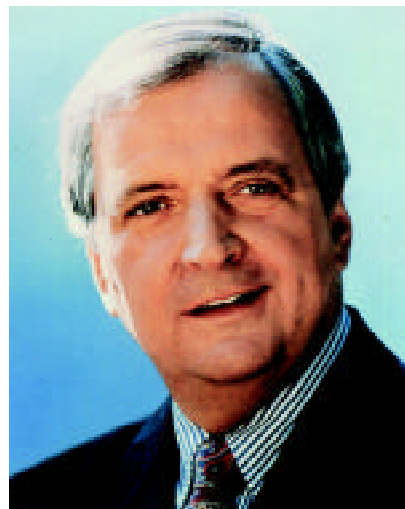
En lo alto de la atmósfera, esas sustancias químicas terminan descomponiéndose por acción de la radiación solar y a su vez reaccionan con la capa de ozono que protege al planeta, y la destruye. Antes del año 2000, los niveles de ozono han disminuido en un 50% de los niveles preindustriales al norte de los trópicos, y en un 70 % al sur de éstos.

Sin la presencia de la capa de ozono estratosférica, para detenerla, la radiación ultravioleta de intensidad cada vez mayor penetra hasta la superficie del planeta antes del año 2005, duplicando los niveles

actuales en el norte y cuadruplicádolos en el sur. Los cánceres cutáneos, los daños oculares y la supresión del sistema imonológico abundan entre las personas que exponen sus cuerpos al sol. No se puede correr el riesgo de caminar al aire libre sin utilizar bloqueadores solares ni gafas para sol, y se prohíben los baños de mar.

Ese es el mundo de la manera que podría haber sido sin la existencia de los tratados relacionados con el ozono, el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, de 1985, y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, de 1987. El régimen internacional creado con arreglo a estos dos acuerdos, que se han revisado y se ha aumentado su eficacia en no menos de cinco ocasiones durante el decenio pasado, está salvando al mundo de esa alternativa.

El presente documento es la cuarta edición de *Acción por el Ozono*, publicado por el PNUMA. A pesar de que el agotamiento de la capa de ozono de La Tierra ha alcanzado niveles sin precedentes como consecuencia de la producción y el uso de sustancias químicas que dañan la capa de ozono, esta es la primera edición en la que podemos decir que ahora ha alcanzado su magnitud máxima. Las pruebas científicas ponen claramente de manifiesto el inicio de una disminución de las concentraciones de las peligrosas sustancias químicas que se encuentran en la atmósfera inferior, lo que actualmente entraña una disminución similar en la estratosfera, en la que el ozono se destruye. Se prevé que la capa de ozono comenzará a recuperarse en los próximos uno o dos decenios, y se restablecerá



UNEP

totalmente a mediados del próximo siglo. Uno de los logros más prestigiosos del PNUMA es haber encabezado el esfuerzo internacional dirigido a proteger la capa de ozono de La Tierra. El Protocolo de Montreal, que se negoció con nuestro patrocinio, con razón se ha considerado como un modelo para otros acuerdos ambientales internacionales, ha resultado un régimen flexible y adaptable; ha contribuido a congregarse a científicos, industriales y gobiernos, cada cual con sus puntos de vista diferentes, pero fundamentales y en él se han abordado con eficacia las diferentes necesidades de los países industrializados y en desarrollo para hacer frente a una amenaza común. Hay mucho que aprender de la historia del régimen del ozono que resulta valioso para otras esferas en el ámbito de las medidas ambientales de carácter internacional, incluida la diversidad biológica, la desertificación y el cambio climático.

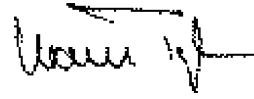
No obstante, debemos recordar que aunque la batalla se está ganando, todavía queda mucho por hacer en el campo de la

protección del ozono. A pesar de que, con el fin de acelerar la recuperación de la capa de ozono, aún existe algún margen para acortar los calendarios de control para las restantes sustancias que agotan la capa de ozono, el régimen del ozono, a medida que sigue evolucionando, debe hacer frente a problemas nuevos y diferentes. La aplicación de las medidas de control en los países en desarrollo, que alcanzaron sus

primeros objetivos en el marco del Protocolo apenas el año pasado; los casos de incumplimiento y la evasión de los controles mediante el comercio ilícito, plantean nuevas amenazas a la salud de la capa de ozono y al planeta que ésta protege.

Podemos sentirnos orgullosos de nuestros logros. Podemos adquirir experiencias, y seguir obrando adaptaciones e innovaciones.

Asimismo, podemos seguir haciendo frente a éstos problemas, para que todos podamos seguir esforzándonos por lograr una vida mejor para los pueblos del mundo.



Klaus Töpfer
Director Ejecutivo, PNUMA

1928 : Se crean en los Estados Unidos los primeros CFC (11 y 12), inicialmente elaborados como frigerígenos para sistemas de refrigeración, y a principios del decenio de 1960 crece rápidamente su consumo en los países desarrollados debido a su versatilidad y a sus ventajosas propiedades: son estables, no tóxicos, no corrosivos y no inflamables.

1. El escudo en el cielo

Toda la vida en La Tierra depende de una delgada capa de gas venenoso en altos niveles de la atmósfera: la capa de ozono. El ozono es una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno. Es un componente extremadamente raro de la atmósfera de La Tierra; de cada 10 millones de moléculas de aire, aproximadamente tres son de ozono. La mayoría (el 90%) se encuentra en la atmósfera superior (la estratosfera), entre 10 y 50 kilómetros por encima de la superficie terrestre. Esta “capa de ozono” absorbe prácticamente toda la dañina radiación ultravioleta (UV-B) emitida por el sol. De modo protege la vida vegetal y animal de las radiaciones UV-B, que en altas dosis pueden ser especialmente perjudiciales.

El agotamiento del ozono

Por consiguiente, cualquier daño que sufra la capa de ozono posibilita que más radiaciones UV-B lleguen a la superficie de la Tierra. En los decenios de 1970 y 1980, los científicos empezaron primero a sospechar, y después a detectar, que se estaba produciendo un adelgazamiento creciente de la capa de ozono, acompañado del aumento de la radiación UV-B que llegaba a la superficie. En las latitudes medias del hemisferio norte (25–60°; o sea, al norte de los trópicos pero al sur de las regiones polares), actualmente los niveles de radiación UV-B son aproximadamente un 7% superiores a los de hace 20 años en el invierno y la primavera, y alrededor de un 4% superiores en el verano y el otoño. En las latitudes

medias del hemisferio meridional, los niveles de radiación UV-B son aproximadamente un 6% superiores todo el año. La radiación UV-B ha aumentado de manera impresionante cerca de los polos, especialmente en la primavera: un 22% más alta en el Ártico y un 130% más alta en el Antártico en relación con los valores correspondientes al decenio de 1970. En el capítulo siguiente se explican las causas de estos daños en la capa de ozono.

La exposición moderada a la radiación UV-B no presenta peligro; de hecho, en los seres humanos constituye una parte esencial del proceso de formación de la vitamina D en la piel. Sin embargo, el aumento de los niveles de exposición puede producir efectos perjudiciales para la salud humana, los animales, las plantas, los microorganismos, los materiales y la calidad del aire.

En los seres humanos, la exposición prolongada a la radiación UV-B conlleva el peligro de daños

oculares, entre los que figuran reacciones graves tales como ‘ceguera de la nieve’, cáncer y cataratas. La radiación UV-B puede afectar el sistema inmunológico, pero puede ser tanto perjudicial como beneficiosa. El aumento de la radiación UV-B probablemente aceleran la tasa de fotoenvejecimiento, y aumenta la incidencia (la mortalidad concomitante) del cáncer de piel de los tipos melanoma y no melanoma, el carcinoma de células basales y de células escamosas, y el peligro aumenta mientras más clara sea la piel de las personas. El peligro del melanoma de mayor gravedad también puede aumentar con la exposición a la radiación UV-B, especialmente durante la infancia. Actualmente el melanoma es uno de los cánceres más comunes entre las personas de piel clara.

El aumento de la radiación UV-B también tiene efectos similares para los animales. En el ganado, los caballos, los gatos, las ovejas, las

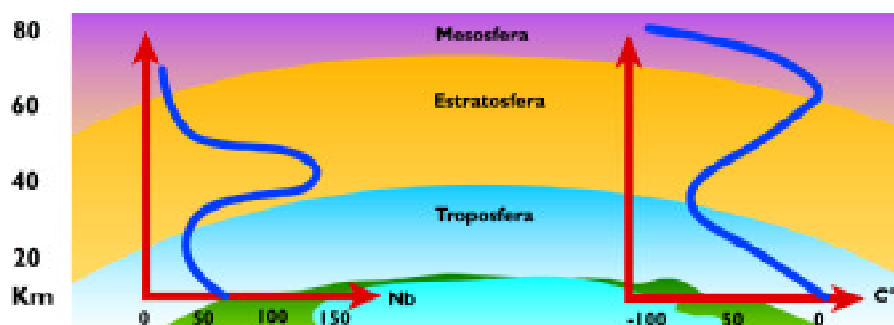


Fig. 1.1 La delgada capa de ozono de la estratosfera alcanza su mayor espesor aproximadamente entre los 20 y los 40 km de altitud. El ozono también se acumula más cerca de la superficie, en la troposfera, donde es un contaminante que causa problemas.

- 1974 :** Dos artículos científicos sugieren que los CFC emitidos en la atmósfera se difunden a su parte superior, y allí se descomponen, liberando átomos de cloro que destruirán catalíticamente las moléculas de ozono. También se sugiere como posible causa del agotamiento de la capa de ozono la emisión de óxidos de nitrógeno por aviones supersónicos que vuelan a gran altura.
- 1975:** El Consejo de Administración del PNUMA pone en marcha un programa de investigación sobre los peligros para la capa de ozono. En los Estados Unidos, un grupo de tareas federal llega a la conclusión de que la emisión de CFC en la atmósfera es "causa legítima de preocupación", y que el uso de los CFC-11 y 12 tal vez deba reducirse. La Academia Nacional de Ciencias (NAS) promueve un estudio sobre la repercusión del hombre en la estratosfera.

Informe del Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales, del PNUMA (1998) y el Dr. Sasha Madronich

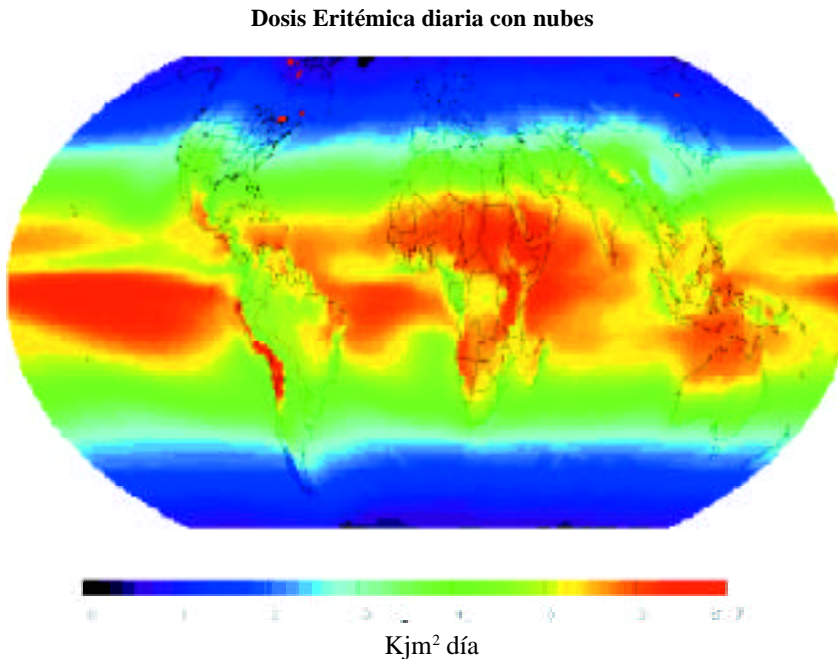


Fig. 1.2 Radiación UV eritémica (que enrojece la piel) diaria con nubes. En estos últimos años se ha logrado un progreso importante en la utilización de mediciones mediante satélite de la cubierta de nubes así como del ozono atmosférico, para derivar estimaciones acerca de los niveles de radiación UV en la superficie.

Dr. Donal Hádler, miembro del Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales

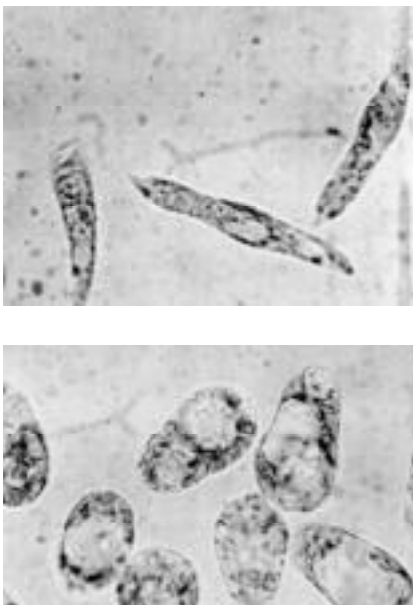


Fig. 1.3 La Euglena gracilis es un organismo flagelado verde que se encuentra en hábitats de agua dulce y es común en lagos, estanques y ríos. Arriba: estos organismos tienen forma de huso y nadan en su forma alargada. Debajo: tras exponerse a radiaciones UV, las células se retuercen sobre sí mismas, se redondean, y no pueden nadar.

cabras y los perros se ha reportado la presencia de carcinoma de células escamosas asociadas a la exposición solar ambiental. Además, la vida marina es especialmente vulnerable a la radiación UV-B, lo que constituye motivo de preocupación porque más del 30% de la proteína animal del mundo para consumo humano proviene del mar. En estudios realizados recientemente se sigue demostrando que las radiaciones solares UV-B y UV-A tienen efectos adversos en el crecimiento, la fotosíntesis, los contenidos proteínicos y pigmentario y la reproducción del fitoplancton, lo cual afecta la cadena alimentaria. La radiación UV-B también puede reducir directamente el crecimiento de las plantas, aunque las respuestas varían en gran medida en dependencia de la especie, y pueden afectar negativamente el rendimiento y la calidad de las cosechas, así como producir otros efectos en los bosques. Se han confirmado los efectos del aumento de la radiación UV-B en las emisiones de dióxido de carbono, y de monóxido de carbono así como en los nutrientes minerales que circulan en la biosfera terrestre.

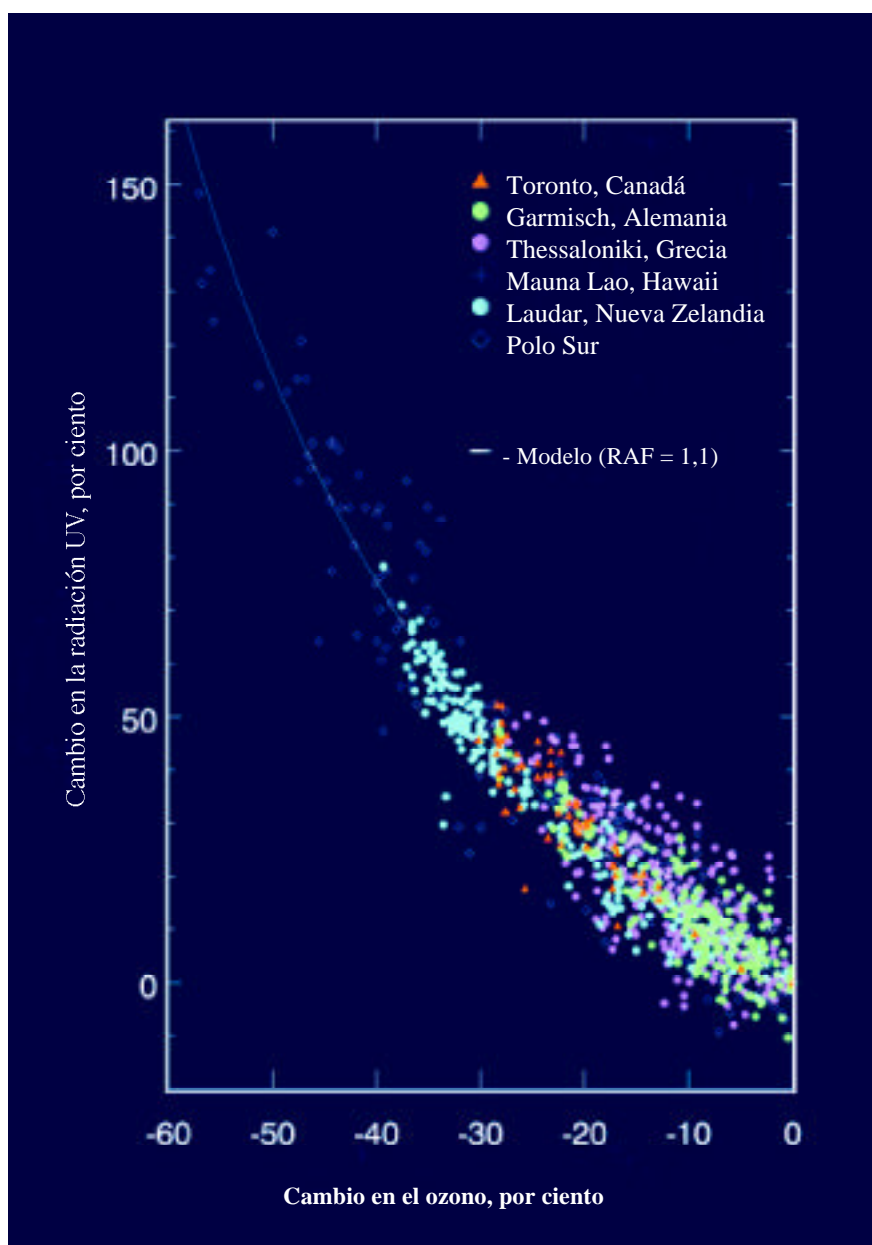
La radiación ultravioleta afecta los materiales sintéticos tales como los plásticos y la goma, y a materiales naturales como la madera, el papel o el algodón. El daño ocasionado varía desde el decoloramiento hasta la pérdida de fuerza mecánica. El aumento de la radiación UV-B puede limitar la duración de esos materiales y obligar a utilizar procesos de producción más costosos.

Por último, la disminución del ozono estratosférico y el consiguiente aumento de radiación UV-B tienen

1977: Treinta y dos países acuerdan un plan de acción mundial sobre la capa de ozono, promovido por el PNUMA y diseñado para alentar la investigación. El PNUMA establece un comité de coordinación para la capa de ozono. El Gobierno de los Estados Unidos impone el uso de advertencias en las etiquetas de los aerosoles con CFC, y anuncia su intención de eliminar la mayoría de los CFC usados como propulsores de aerosol. La NASA estima que la emisión continuada de CFC en la atmósfera agotará la capa de ozono en un 14%.

importantes efectos en la troposfera, la región más baja de la atmósfera. En las zonas que ya son objeto de contaminación, tales como la producida por los gases de escape de los vehículos, tienden a aumentar las concentraciones de ozono, que a este nivel es un contaminante, causan irritación en los ojos y en los pulmones.

Existen también interacciones complejas entre la destrucción del ozono y el cambio climático. Durante los últimos años la destrucción del ozono estratosférico inducida por la radiación UV-B ha producido un enfriamiento de la estratosfera inferior, enmascarando en cierta medida los efectos del aumento de las emisiones de los gases de efecto invernadero. Por otra parte, el aumento del ozono troposférico contribuye al calentamiento mundial. Además, el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera tiende a reducir la frecuencia del calentamiento repentino estratosférico en el hemisferio norte, lo cual acrecienta el rigor de los inviernos árticos, que a su vez aumenta la pérdida de ozono (véase el capítulo siguiente).



Informe del Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales, del PNUMA (1998)

Fig. 1.4 Cambio en la radiación UV en relación con el cambio en el ozono. Dependencia de la radiación ultravioleta (UV) eritémica en la superficie de la Tierra respecto del ozono atmosférico, medida en días sin nubes en varias localidades en ángulos cenitales solares fijos. La curva continua muestra la predicción modelo mediante una regla de cálculo en la que se utiliza un valor $RAF = 1,10$.

1980: Siete países desarrollados y la Comunidad Europea piden que se elabore un convenio internacional para proteger la capa de ozono. La Comunidad Europea congela la capacidad de producción y empieza a limitar el uso de aerosoles. El Organismo de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos propone los primeros controles legislativos sobre el uso de los CFC en otros productos además de los aerosoles. Los fabricantes de CFC constituyen una alianza para la elaboración de políticas responsables en materia de CFC, en la que se sostiene que fortalecer las normativas en esa esfera puede ser prematuro en ausencia de pruebas concretas del agotamiento del ozono.

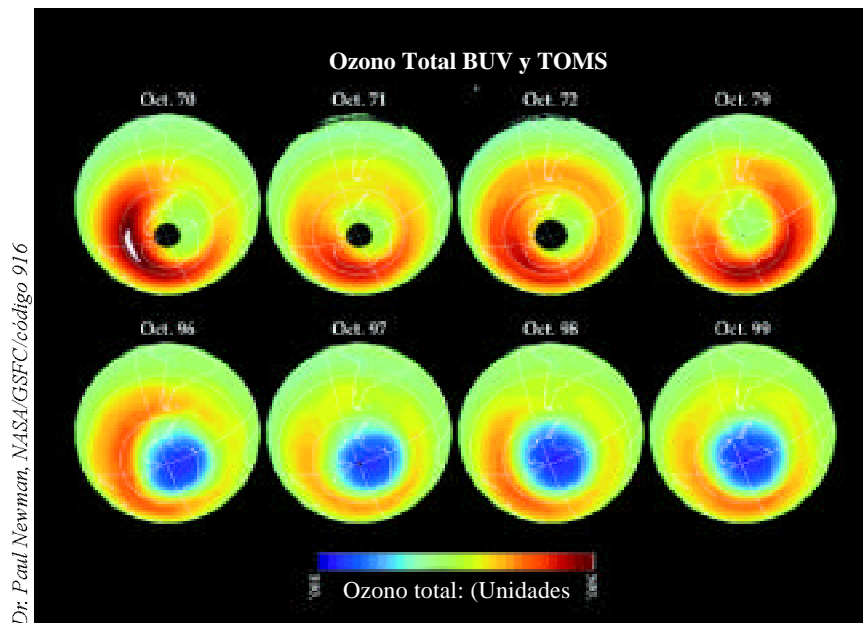


Fig. 2.2 Niveles mensuales de ozono en la Antártida (Polo Sur) en octubre, en un período de 14 años, (1979 a 1992). Las mediciones de ozono se realizaron utilizando el espectrómetro para la representación cartográfica del total de ozono (TOMS) de la NASA, Centro de Vuelos Espaciales Goddard (GSFC).

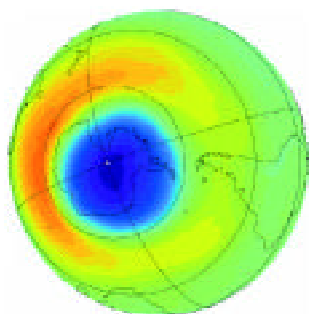


Fig. 2.3 El agujero en la capa de ozono sobre la Antártida en octubre de 1999.

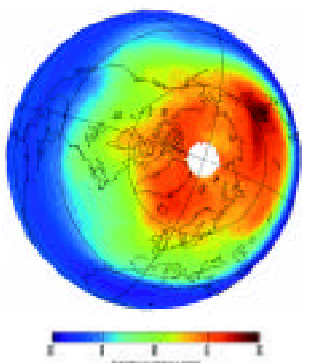


Fig. 2.4 El nivel medio mensual de ozono total en marzo de 1999 para el Ártico (Polo Norte).

se utiliza un propulsor en aerosol, o un disolvente de limpieza, o debido a las fugas de un refrigerante, los CFC persisten lo suficiente para difundirse a la estratosfera, donde, al descomponerse por efecto de la radiación solar, liberan átomos de cloro, que reaccionan fuertemente con las moléculas de ozono. El óxido de cloro resultante experimenta después nuevas reacciones, que regeneran el cloro original, con lo que el proceso se repite muchas veces. Se estima que cada átomo de cloro puede destruir unas 100.000 moléculas de ozono antes de desaparecer de la estratosfera. Aunque la radiación UV sigue creando constantemente ozono a partir del oxígeno, la presencia de cloro acelera la destrucción del ozono, pero no su creación, con lo que se reduce la concentración global de ozono. Reacciones análogas tienen lugar entre el bromo (que se encuentra en la familia de los halones, y se utiliza

principalmente como extintor de incendios y en el metilbromuro) y el ozono.

Los “agujeros” en la capa de ozono

Estas reacciones de destrucción del ozono son especialmente intensas en las nubes estratosféricas que se forman sobre la Antártida en las noches extremadamente frías del invierno en el hemisferio austral. Las reacciones que tienen lugar en la superficie de las partículas de hielo dentro de las nubes liberan cloro y bromo en formas activas que se acumulan a lo largo del invierno. Cuando en la primavera sale el sol, las nubes se disgregan y liberan cloro y bromo activos, que destruyen rápidamente el ozono. Consecuencia de ello es el “agujero en la capa de ozono”, una zona de acusada disminución de la concentración de ozono sobre la mayor parte de la Antártida durante unos dos meses en la primavera del hemisferio austral. La circulación atmosférica acelera el agotamiento del ozono, al desplazar de los trópicos hacia los polos a los CFC que se hallan en la estratosfera.

Actualmente la capa de ozono sobre la Antártida se adelgaza entre el 40% y el 55% de su nivel anterior a 1980, y llega a presentar deficiencias de hasta el 70% durante períodos cortos, y en algunas altitudes la destrucción del ozono es casi total. En septiembre de 1998 el agujero del ozono de la Antártida alcanzó un tamaño sin precedentes equivalente a 25 millones de km²; o sea, dos veces y media la superficie de Europa. A pesar de que el agujero disminuyó a 13 millones de km² en noviembre, ello marcó la primera vez que el agujero había medido más de 10 millones de km² durante

- 1981:** En su noveno periodo de sesiones el Consejo de Administración del PNUMA propone iniciar estudios para elaborar un convenio marco para la protección de la capa de ozono, y a esos efectos establece un Grupo de Trabajo especial de expertos jurídicos y técnicos.
- 1982:** El Grupo de Trabajo del PNUMA empieza a elaborar un convenio marco para la protección de la capa de ozono, basado en un texto presentado por Finlandia, Noruega y Suecia. La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos (NASA) estima que el agotamiento del ozono debido al uso de CFC será en definitiva menor de lo previsto: entre un 5 y un 9%.

100 días. La concentración media de ozono que se registró en noviembre de 1998 correspondiente a la totalidad del área al sur de los 65° S fue la más baja que se hubiese registrado. El agujero de ozono de la Antártida de 1999 fue el fenómeno de agujero de ozono de mayor magnitud y más fuerte que jamás se haya registrado.

El aire estratosférico es generalmente más cálido y está menos confinado por encima del Ártico que por encima del Antártico, por lo que se forman menos nubes. En consecuencia, la disminución del ozono sobre el Ártico es menos acusada, aunque en los últimos años ha sido peor de lo que se esperaba, mayormente debido a inviernos desacomodadamente fríos, en los que se han producido pérdidas de ozono de hasta el 50% en algunas altitudes. Las temperaturas árticas mínimas se hallan cerca del umbral para la activación importante del cloro y, en consecuencia, las tasas de destrucción del ozono pueden variar en gran medida de un año a otro. Durante la deficiencia de ozono en el Ártico en 1999–2000, las desviaciones del ozono alcanzaron de -20% a -30% hacia el polo a partir de los 65° N. El agotamiento del ozono en las latitudes medias (25° - 60°), entre los polos y los trópicos es mucho menos pronunciada, pero aún así se puede observar. Entre 1979 y 1991, las concentraciones de ozono disminuyeron en alrededor del 4% por decenio en las latitudes medias tanto en el hemisferio norte como en el sur, y las pérdidas fueron mayores durante el invierno y la primavera. Las partículas formadas a partir de los gases expelidos en la atmósfera por la erupción volcánica del monte Pinatubo en 1991 aceleraron la destrucción del ozono

durante dos o tres años, pero el ritmo disminuyó de nuevo en lo sucesivo y las pérdidas totales de 1979 a 1997 alcanzaron aproximadamente el 5% por decenio.

No obstante, las pérdidas locales pueden ser más importantes en determinados momentos, especialmente a medida que las zonas de agotamiento del ozono alrededor de los polos se desplazan y cubren diferentes zonas habitadas

de un año a otro. Por ejemplo, en la primavera de 1995, después de un invierno ártico desacomodadamente frío, las concentraciones de ozono en la estratosfera sobre Europa fueron de un 10% a un 12 % inferiores que a mediados del decenio de 1970, y sobre América del Norte de un 5% a un 10% inferiores, aunque a veces fue hasta un 20% inferior en algunos lugares. El invierno de 1995–1996 fue aún más frío, y las concentraciones de ozono sobre

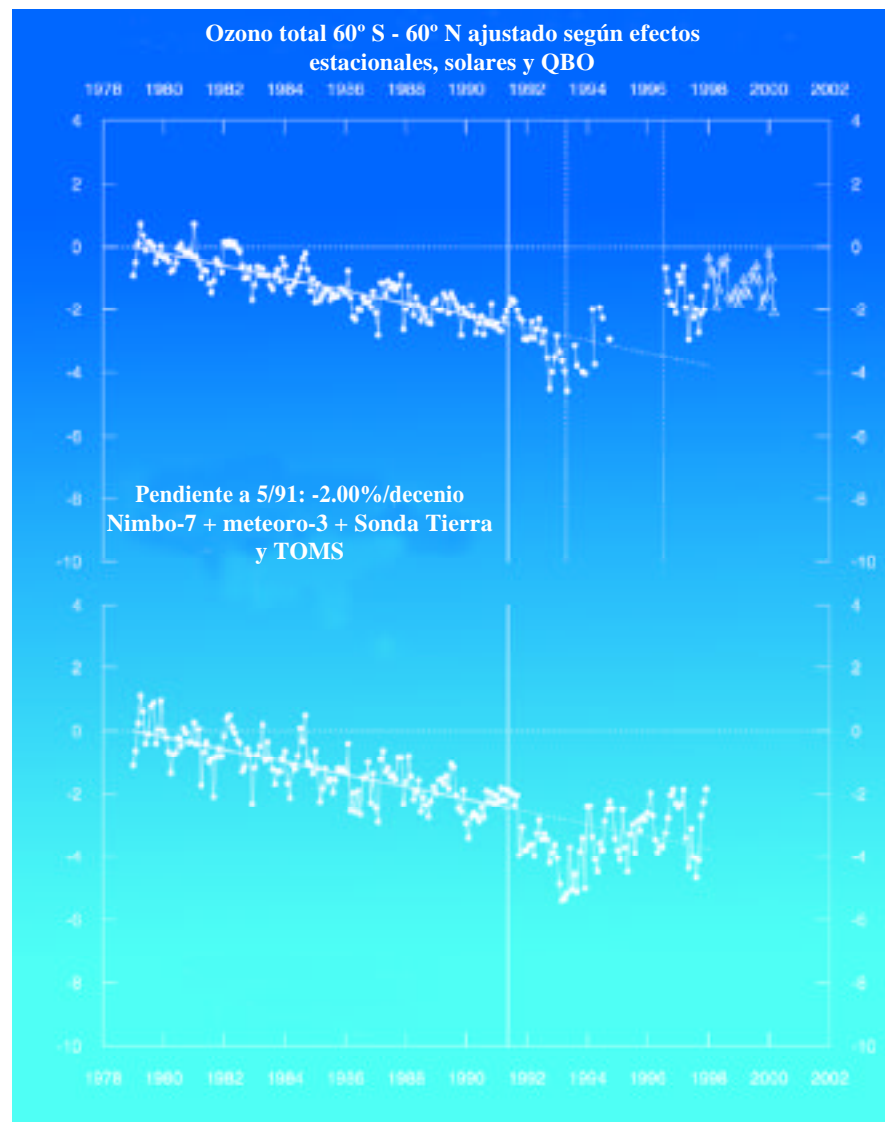


Fig. 2.5 Tendencia del ozono al nivel mundial. Desviaciones en el ozono total, zona pesada sobre los 60°S-60°N.

Gran Bretaña disminuyeron en casi un 50% en la primera semana de marzo, la menor que se haya registrado sobre el Reino Unido. Asimismo, en la primavera de 2000 las desviaciones del ozono fueron más fuertes (-20% a -30%) sobre Europa y el Ártico canadiense y ruso.

La intensidad de la radiación UV-B ha aumentado en consecuencia. El período 1992-1993 fue testigo de los primeros ejemplos reportados de aumentos persistentes sobre regiones densamente pobladas del hemisferio norte. En 1992 la región meridional de América del Sur experimentó un aumento del doble de la radiación UV-B tras una disminución del 50% del ozono. La mayor radiación UV se produjo en los lugares en que la región correspondiente al agujero de ozono (220 Unidades Dobson contorno) se alargó y adquirió una forma elíptica que giró sobre América del Sur y la

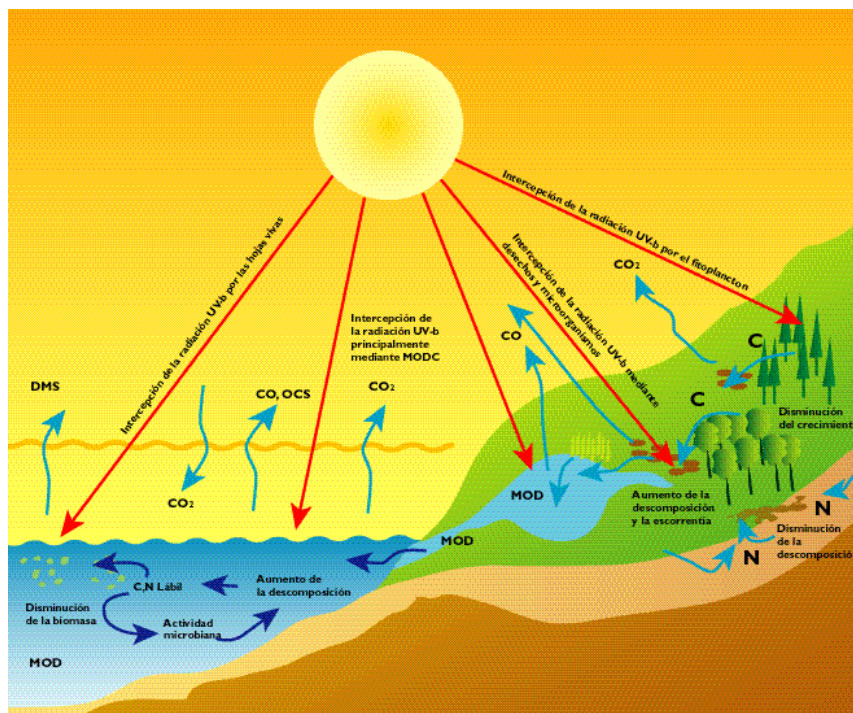


Fig. 2.6 Modelo conceptual en el que se ilustran los posibles efectos del aumento de la radiación UV en los ciclos biogeoquímicos en los ecosistemas de agua dulce, marino y terrestre. Los efectos incluyen organismos vivos; por ejemplo, la disminución del crecimiento de las plantas depende de las especies y/o la exposición. MODC – materia orgánica disuelta coloreada; DMS – dimetilsulfuro; MOD – materia orgánica disuelta.

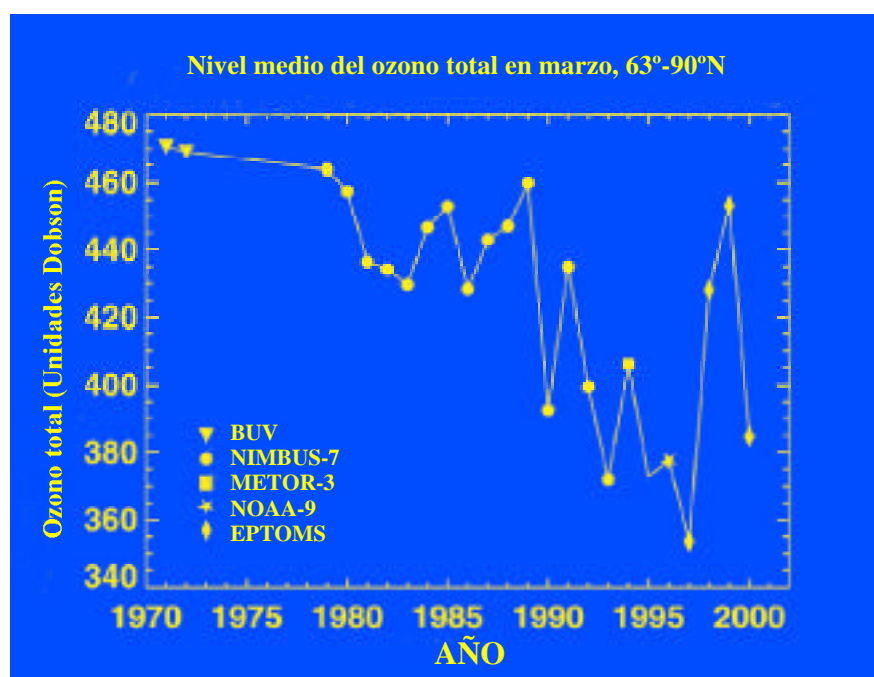


Fig. 2.7 Niveles medios mensuales del ozono total correspondientes al hemisferio norte medidos mediante satélite durante marzo para el período 1970-2000.

cubierta de nubes fue mínima. Véase la figura 3.2.

Los aumentos de la radiación UV en las altas latitudes del hemisferio norte se han atribuido a las bajas cantidades de ozono en el invierno y la primavera de 1995, 1996, 1997 y 2000.

1985: Veintiocho países conciertan el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. El Convenio no impone restricciones a las sustancias destructoras del ozono, pero permite el futuro establecimiento de controles específicos; la resolución aprobada, junto con el Convenio, sienta las bases para la futura labor sobre un Protocolo relativo al control de los CFC. Dos meses después, Joe Farman, miembro de la Expedición Británica al Antártico, publicó un estudio en el que se revela una acusada atenuación estacional de la capa de ozono sobre la Antártida: el "agujero" en la capa de ozono.

3. La salvación de la capa de ozono

Los comienzos

Desde su fundación, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se ha preocupado por la protección de la capa de ozono. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo, en 1972, de la que surgió el PNUMA, abordó el tema del agotamiento del ozono, aunque en ese momento se pensó que el principal peligro provenía del daño causado por los escapes de las aeronaves supersónicas.

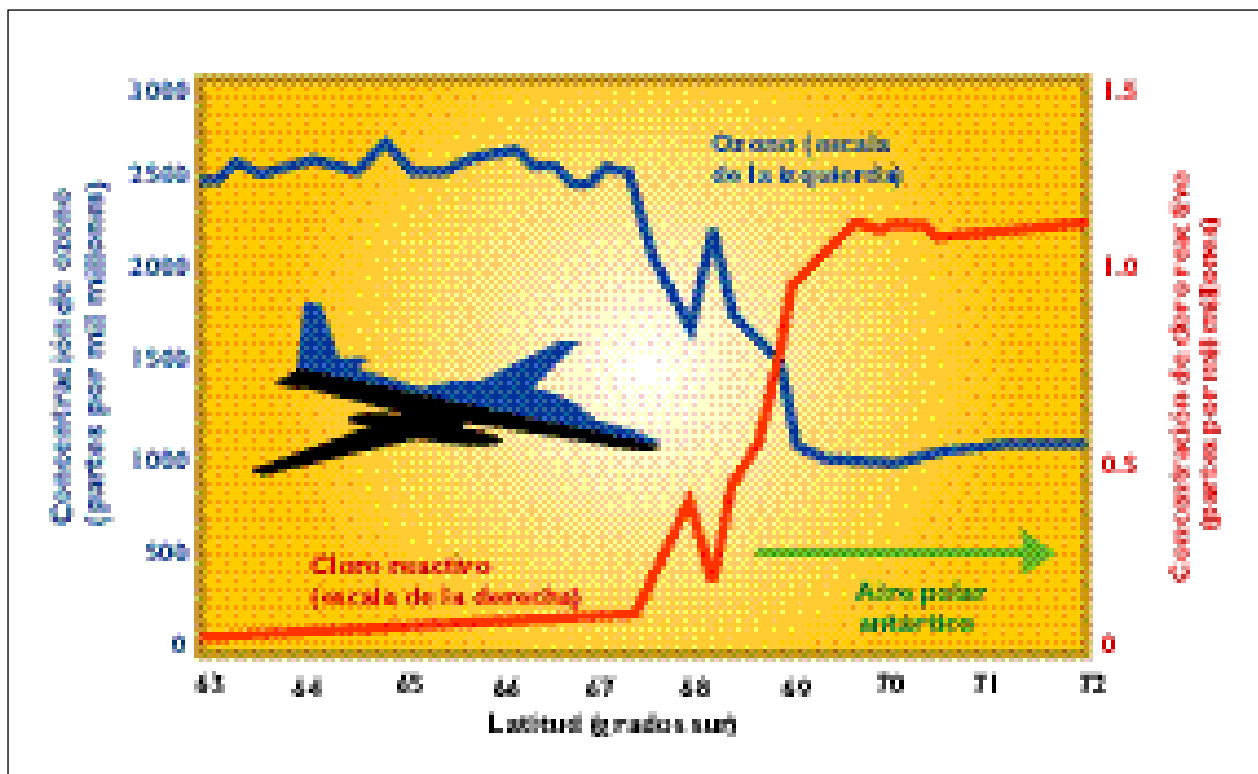
La primera manifestación importante de preocupación científica por el agotamiento del ozono debido a los CFC se remonta a 1974, tras el descubrimiento por

James Lovelock de la presencia de CFC en la atmósfera de todo el planeta. Las investigaciones de Sherwood Rowland y Mario Molina (por las que después obtendrían el Premio Nobel de química) allanaron el camino para la total comprensión que ahora tenemos de los procesos por los que los CFC se difunden en la estratosfera, se descomponen y destruyen las moléculas de ozono.

Aunque la hipótesis fue inicialmente objeto de controversia, la magnitud y el crecimiento del uso del CFC en todo el mundo fue suficiente para suscitar llamamientos a la adopción de medidas urgentes. En marzo de 1977, expertos de 32 países se reunieron en Washington, D.C. para adoptar el "Plan de Acción Mundial

sobre la capa de ozono". El Plan incluía investigaciones de los procesos causantes de la concentración de ozono en la estratosfera; la vigilancia del ozono y la radicación solar; los efectos del agotamiento del ozono en la salud humana, los ecosistemas y el clima; y el desarrollo de métodos para evaluar los costos y beneficios de las medidas de control. El PNUMA fue designado organismo de coordinación, asistido por el Comité de Coordinación para la Capa de Ozono, constituido por expertos de organismos intergubernamentales, gobiernos y el sector industrial.

En los Estados Unidos, la reunión de Washington contribuyó a aumentar la preocupación que existía por los efectos de las



Informe del Grupo de Evaluación Científica del PNUMA (1994)

Fig. 3.1 Mediciones del ozono y el cloro reactivo efectuadas en un vuelo hacia la capa de ozono de la Antártida.

1986: Se siguen realizando negociaciones internacionales sobre un protocolo del Convenio de Viena para controlar los CFC. Las empresas que producen CFC apoyan el establecimiento de un límite "razonable" sobre el futuro crecimiento de la producción de CFC y estiman que por lo menos harán falta cinco años para desarrollar sustitutos de CFC -11 y -12.

emisiones de aeronaves supersónicas. Como resultado de una eficaz campaña pública se pudieron adoptar disposiciones para prohibir el uso de CFC como propulsores de aerosol en aplicaciones no esenciales en 1978; pronto siguieron el ejemplo el Canadá, Suecia y Noruega. Como consecuencia de ello, la producción del CFC-12 en los Estados Unidos pasó del 46% del total mundial en 1974 al 28% en 1985.

No tardaron en aparecer otros propulsores, no destructores del ozono que a menudo resultaron ser más económicos que los CFC originales. Sin embargo, a partir de 1982, la producción de CFC en los Estados Unidos comenzó a acelerarse de nuevo al aumentar acusadamente su utilización para instalaciones de aire acondicionado en vehículos y para espumación.

En 1980, la Comunidad Europea (CE) acordó reducir el uso del CFC en aerosoles en por lo menos el 30% de los niveles de 1976 para fines de 1981 y congelar la capacidad de producción de CFC-11 y CFC-12. Como la capacidad de producción de la CE era a la sazón sustancialmente superior al nivel de consumo, la congelación de la capacidad apenas contribuyó al control de las emisiones de CFC. Sin embargo, el efecto combinado de las distintas medidas adoptadas fue suficiente para reducir la presión pública en favor del establecimiento de controles más estrictos. Recayó entonces en el PNUMA la responsabilidad de que en los debates internacionales se siguiera abordando la cuestión del agotamiento del ozono.

El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono

En 1981, el Consejo de Administración del PNUMA estableció un Grupo de Trabajo Especial de expertos jurídicos y técnicos para la elaboración de un convenio marco para la protección de la capa de ozono. El objetivo del Grupo era elaborar un tratado internacional de carácter general para hacer frente al agotamiento del ozono: se esperaba que la primera fase de un acuerdo marco fuera relativamente fácil de negociar, pero las diferencias entre quienes proponían medidas de control del uso de CFC en los diversos sectores (como los Estados Unidos) y quienes apoyaban el establecimiento de límites a la capacidad de producción (como la CE) hicieron necesarios cuatro duros años de trabajo y negociación.

El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono fue firmado por 28 países en marzo de 1985. Consagra el compromiso de

cooperar en las investigaciones y la vigilancia, de compartir información sobre la producción y las emisiones de CFC y de adoptar protocolos de control cuando sea necesario. Aunque no conllevaba el compromiso de tomar medidas para reducir la producción o el consumo de CFC, el Convenio de Viena fue un hito importante. Las naciones llegaron a un acuerdo de principio para hacer frente a un problema ambiental mundial antes de que se sintieran sus efectos o se demostrara científicamente su existencia, lo que probablemente constituye el primer ejemplo de aceptación del "principio de precaución" en una importante negociación internacional.

El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono

La Conferencia de Viena también adoptó en 1985 una resolución en la que se facultaba al PNUMA a convocar negociaciones para

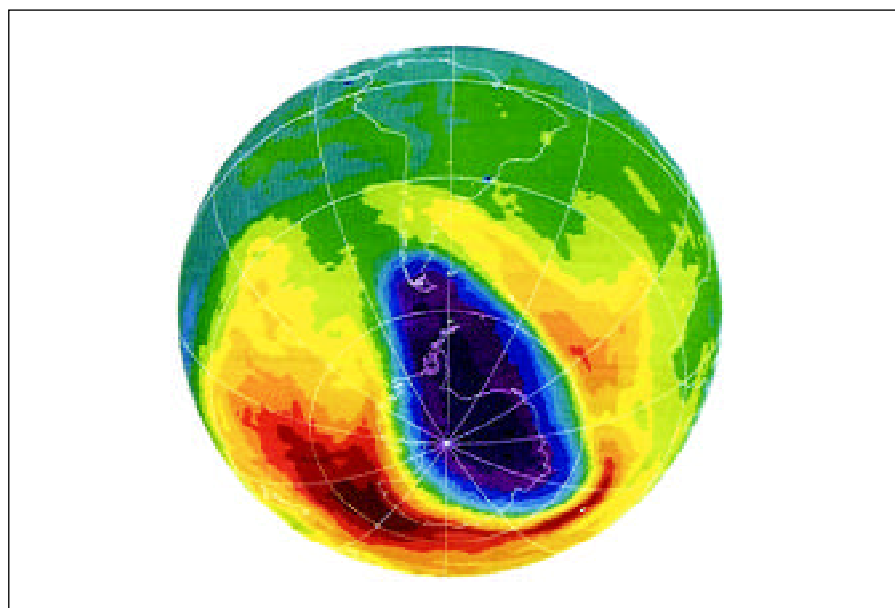
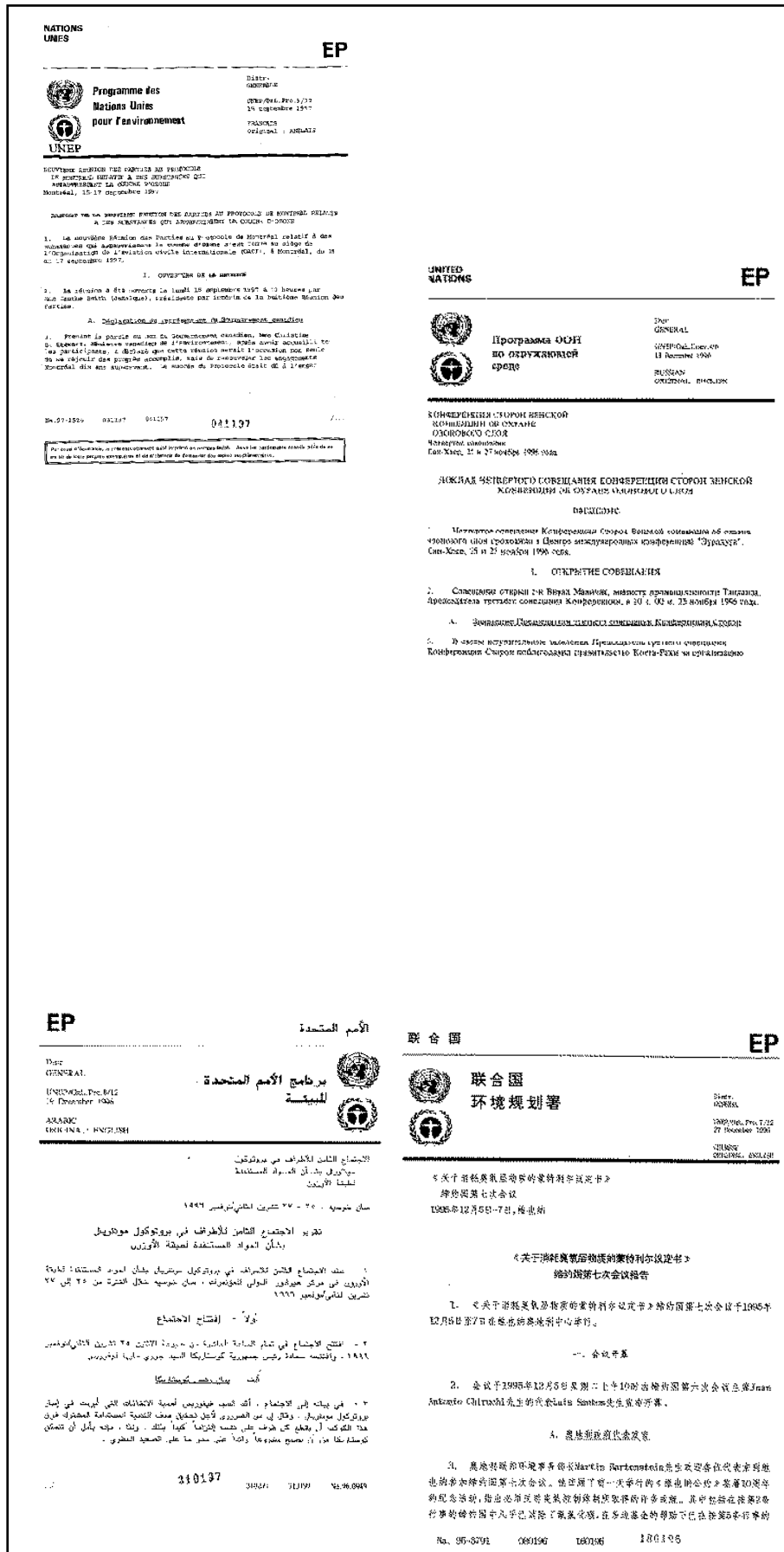


Fig. 3.2 El agujero de la capa de ozono de la Antártida el 17 de octubre de 1994, Espectrómetro cartográfico del ozono total (TOMS) de la NASA, Centro de vuelos espaciales Goddard.

1987: Después de varias rondas de negociación, 46 países aprobaron el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. El Protocolo requiere una reducción del 50% del consumo de cinco CFC para fines de siglo, y una congelación del consumo de tres halones, con un periodo de tolerancia de 10 años para que los países en desarrollo puedan satisfacer sus necesidades básicas internas; los controles deben revisarse al menos cada cuatro años. En 1987, varios países europeos promulgaron normas para limitar el uso de CFC como propulsores de aerosol.



elaborar un protocolo del Convenio que incluyera medidas de control para las sustancias destructoras del ozono y que debía firmarse, de ser posible, en 1987. El progreso en esta segunda etapa de negociaciones se vio impulsado por la publicación sólo dos meses después de la Conferencia de Viena, de las conclusiones de los miembros de la Expedición Británica a la Antártida, dirigida por el Dr. Joe Farman. Este fue el famoso documento sobre el "agujero en la capa de ozono", donde se reveló por primera vez la espectacular disminución de las concentraciones de ozono sobre la Antártida en la primavera. (De hecho, observaciones por satélite realizadas por los Estados Unidos ya lo habían detectado a finales del decenio de 1970, pero las inesperadas conclusiones se desecharon por sospecharse que se debían a un error de los instrumentos). Aunque la causa aún no se conocía, las sospechas recayeron en los CFC.

En comparación con las prolongadas negociaciones que precedieron al Convenio de Viena, las negociaciones del Protocolo avanzaron con notable rapidez y lograron bastante más de lo que inicialmente se estimaba posible. El 16 de septiembre de 1987, 46 países firmaron el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. (En 1995, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el 16 de septiembre Día Internacional de Preservación de la Capa de Ozono para conmemorar de ese modo todo los años la firma del Protocolo de Montreal.)

En el Protocolo se estipula que para 1999, con reducciones graduales, las Partes deberán reducir en un 50 % en relación con los niveles de 1986 la producción y el consumo de los cinco principales CFC. La producción y el consumo de los tres

Fig. 3.3 Informes de las reuniones de las Partes en el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal.

1988: El Grupo de expertos sobre tendencias del ozono, patrocinado por organismos internacionales y grupos de investigación de los Estados Unidos, concluye que los CFC son los causantes del agujero en la capa de ozono sobre la Antártida. En el marco del Protocolo de Montreal se crean grupos internacionales de evaluación, dirigidos por el PNUMA, para examinar la información más reciente sobre los aspectos científicos, ambientales, técnicos y económicos del agotamiento del ozono. Dupont es la primera empresa productora de CFC que anuncia que eliminará gradualmente dicha producción; Northern Telecom, Seiko y Epson son las primeras multinacionales que anuncian metas de eliminación gradual del consumo de CFC. Suecia decide eliminar por completo el uso de CFC para finales de 1994.

principales halones se congelaron en 1993 a los niveles de 1986.

Aunque esas reducciones podrían ser objeto de crítica por considerarse insuficientes (si se creyera en la hipótesis del agotamiento del ozono) o excesiva (si no se creyera en ella), el acuerdo marcó un importante avance político y psicológico. Y una vez más, la ciencia corroboró las medidas adoptadas por los negociadores. En marzo de 1988 se publicó el informe del Grupo sobre tendencias del ozono, en el que se pasaba revista a la información disponible, especialmente de las expediciones de los Estados Unidos a la Antártida en 1986 y 1987, y se presentaban por primera vez pruebas evidentes de la relación entre el agotamiento del ozono y los CFC. A partir de ese momento desapareció en gran medida la oposición al establecimiento de controles de las sustancias destructoras del ozono y la industria comenzó a concentrar recursos en el desarrollo de productos alternativos a los CFC que no fueran perjudiciales para el ozono.

Un rasgo importante del Protocolo de Montreal fue la flexibilidad que

le permitiría ir modificándose a la luz de la evolución de los conocimientos científicos y las novedades tecnológicas. Incluso antes de su entrada en vigor, el 1º de enero de 1989, se estaban haciendo planes para reforzar sus disposiciones, adelantar los calendarios de eliminación de los CFC y los halones en él enumerados, y añadir otros productos químicos destructores del ozono.

El Protocolo ha sido objeto de cinco series de *ajustes* de las medidas de control (acordados en las reuniones de las Partes de 1990, 1992, 1995, 1997 y 1999), que han acelerado los calendarios de eliminación de las sustancias destructoras del ozono. También ha sido objeto de cuatro *enmiendas*:

- La Enmienda de Londres (1990) añadió el metilcloroformo, el tetracloruro de carbono y otra serie de CFC a los calendarios de eliminación y estableció un mecanismo para prestar asistencia financiera y técnica a las Partes que son países en desarrollo.

- La Enmienda de Copenhague (1992) agregó los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los hidrobromofluorocarbonos (HBFC) y el metilbromuro a los calendarios de eliminación y creó oficialmente el Fondo Multilateral como canal de transferencias financieras y de tecnología a los países en desarrollo.
- La Enmienda de Montreal (1997) creó un sistema de licencias para importaciones y exportaciones de SDO, principalmente para hacer frente al comercio ilícito cada vez mayor en esas sustancias.
- La Enmienda de Beijing (1999) agregó el bromoclorometano a los calendarios de eliminación e incluyó en los controles de HCFC también la producción, además de los controles revisados de consumo.

Las principales características del régimen establecido por el Protocolo de Montreal se examinan en el capítulo que figura a continuación, y sus efectos en el capítulo cinco.



Fig. 3.4 Países que han ratificado el Protocolo de Montreal en verde.

1990: Reunión en Londres, donde las Partes acuerdan eliminar completamente los CFC y los halones para el año 2000, y añaden fechas de eliminación para otros CFC, el metilcloroformo y el tetracloruro de carbono. Las Partes acuerdan crear un mecanismo para aportar asistencia financiera y técnica a las Partes que son países en desarrollo, incluido un Fondo Multilateral. Finlandia crea un fondo para países que no son Partes.



Fig. 4.2 En la quinta Reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Viena y la 11ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal, Beijing (China), 29 de noviembre a 3 de diciembre de 1999.



Fig. 4.3 Plenario de la 11ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal.

ejemplo, refrigeradores). A medida que se fueron añadiendo nuevas sustancias a los calendarios de control, las disposiciones sobre el comercio se fueron ampliando gradualmente para incluir también a esas sustancias. Las restricciones al comercio no son aplicables a países que no son Partes pero que

estén cumpliendo los calendarios de control.

Con la Enmienda de Montreal de 1997 se introdujo un requisito por el cual las Partes debían comenzar a utilizar un sistema de licencias para importaciones y exportaciones de todas las categorías de SDO,

incluidas sustancias nuevas, utilizadas, recicladas y recuperadas; el requisito entró en vigor a fines de 1999. El objeto del sistema de licencias es contribuir a hacer frente al comercio ilícito de SDO cada vez mayor, que deriva de la intención de algunos usuarios de evitar el costo de reemplazar las maquinarias que para su funcionamiento requieren categorías de productos químicos prohibidas.

Instituciones y procedimientos

El principal órgano decisorio del Protocolo de Montreal es la Reunión de las Partes, que puede enmendar el texto del Protocolo y ajustar sus calendarios de control. Se reúne anualmente y al menos cada cuatro años examina las medidas de control sobre la base de la información científica, ambiental, técnica y económica disponible. El Grupo de Trabajo de composición abierta de las Partes se reúne entre períodos de sesiones para elaborar y negociar recomendaciones que presenta luego a la Reunión de las Partes.

La Primera Reunión estableció grupos consultivos integrados por expertos de los sectores científico, industrial, gubernamental y no gubernamental. Esos grupos son actualmente los siguientes:

- Grupo de Evaluación Científica, encargado de pasar revista a los conocimientos científicos sobre el agotamiento del ozono;
- Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales, que analiza la información sobre los efectos del agotamiento del ozono y la radiación UV-B; y

1991: Se pone en funcionamiento un Fondo Multilateral provisional con un presupuesto trienal de 240 millones de dólares; el PNUMA, el PNUD y el Banco Mundial son los organismos de ejecución iniciales, a los que posteriormente se sumó la ONUDI. El PNUMA inaugura el Programa AcciónOzono. Grupos de expertos que operan en el marco del Protocolo concluyen que es necesario establecer controles más estrictos que los acordados por las Partes en 1990, incluidas restricciones del uso de HCFC. Los grupos también concluyen que hay tecnologías para sustituir prácticamente todos los usos de sustancias controladas, y que el proceso de eliminación es menos costoso de lo que se suponía.

- Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (GETE) que analiza las opciones técnicas y los costos económicos del control de la utilización de SDO, incluido el examen de solicitudes de exenciones para usos esenciales. El GETE opera en gran medida por conducto de comités subsidiarios de opciones técnicas, que actualmente se ocupan de los sectores de refrigeración y aire acondicionado, espumas, solventes, aerosoles, halones, metilbromuro y opciones económicas.

Los informes presentados por los grupos a las reuniones de las Partes han sido cruciales para fundamentar las decisiones en definitiva adoptadas, incluidos los ajustes de las medidas de control y las enmiendas del Protocolo.

Las principales conclusiones de los tres Grupos de Evaluación figuran en la Síntesis de los Informes publicados en 1999.

El Comité de Aplicación del Protocolo está integrado por representantes de 10 Partes, dos de cada una de las cinco regiones de las Naciones Unidas. Informa a la Reunión de las Partes sobre casos de incumplimiento y recomienda las medidas que han de adoptarse al respecto, que pueden incluir asistencia técnica o financiera del Fondo Multilateral y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), advertencias o suspensión de la Parte de que se trate.

La Secretaría del Ozono, integrada en el PNUMA y con sede en Nairobi, presta apoyo a todas las actividades que se realizan en el marco del Protocolo de Montreal y del

Convenio de Viena. Publica el *Manual de los Tratados sobre el Ozono*, que recoge textos actualizados del Convenio y el Protocolo, decisiones de las reuniones de las Partes y mucha otra información útil.

Los países en desarrollo y el Fondo Multilateral

Una característica esencial del Protocolo de Montreal es su atención a los países en desarrollo. El artículo 5 permite a los países en desarrollo cuyo consumo de SDO es inferior a un límite especificado (“países que operan al amparo del artículo 5”) aplazar por 10 años el cumplimiento de las medidas de control establecidas en el artículo 2 “para satisfacer sus necesidades básicas internas”. En 1995 las Partes acordaron calendarios precisos de control para las Partes que operan al amparo del artículo 5, fijando el año 2010 (2015 para el metilcloroformo y el metilbromuro y 2040 para los HCFC) para la mayoría de las sustancias.

En el artículo 10 del Protocolo se dispone el establecimiento de un mecanismo financiero para sufragar los costos adicionales en que incurran estas Partes para eliminar gradualmente las SDO. En cumplimiento de ese artículo, se estableció el Fondo Multilateral como mecanismo provisional en 1990, y en su forma final en 1992. Las Partes que son países industrializados contribuyen al Fondo con arreglo a la escala de cuotas de las Naciones Unidas. Se aprobaron presupuestos de 240 millones de dólares para 1991–1993, 455 millones de dólares para 1994–

1996, 466 millones de dólares para 1997–1999 y 440 millones de dólares para 2000–2002, lo cual suma un total de 1.500 millones de dólares a lo largo de 12 años. En los primeros seis años del Fondo, se recibieron alrededor del 90% de las promesas de contribuciones, un excelente logro para un acuerdo internacional (los principales no contribuyentes fueron los “países con economías en transición” de Europa oriental y la ex Unión Soviética).

El Fondo tiene su propia Secretaría (con sede en Montreal) y está encabezado por un Oficial Jefe que presenta informes directamente al Comité Ejecutivo del Fondo, compuesto por representantes de siete países que operan al amparo del artículo 5 y siete países que no operan al amparo de dicho artículo, elegidos por la Reunión anual de las Partes en el Protocolo. El Fondo opera por medio de cuatro organismos de ejecución cuyas funciones son ligeramente distintas:

- La División de Tecnología, Industria y Economía del PNUMA proporciona las funciones de mecanismos de facilitación, servicio de apoyo que no esté relacionado con las inversiones (capacitación, intercambio de información, etc.), y ayuda a preparar los programas por países y los planes de gestión de los refrigerantes para los países en desarrollo con bajo consumo;
- El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) organiza proyectos de demostración e inversión, asistencia técnica y estudios de viabilidad;

1992: Las Partes en el Protocolo de Montreal, reunidas en Copenhague, acuerdan una aceleración de los calendarios de eliminación de sustancias ya controladas, así como el establecimiento, en países desarrollados, de controles de nuevas sustancias (HCFC, HBFC y metilbromuro). Varios países desarrollados adoptan calendarios más rápidos de eliminación de sustancias controladas. Un país en desarrollo (México) anuncia su intención de principio de eliminar por completo el uso de CFC para el año 2000, límite oficial para los países desarrollados. Se establece oficialmente el Fondo Multilateral.

- La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) prepara y evalúa propuestas de proyectos de inversión y ejecuta los calendarios de eliminación a nivel de las instalaciones;
- El Banco Mundial centra su trabajo en los proyectos de eliminación y de inversión a gran escala a nivel de instalaciones y países.

Cada país que opera al amparo del artículo 5, ayudado por uno de esos organismos, prepara un programa nacional o una actualización de su programa, en el que se expone el uso de SDO en ese momento y se identifican las oportunidades para la reducción. Los "costos adicionales" en que los países pueden haber incurrido incluyen los costos adicionales operativos de inversión para la conversión a tecnologías y sustancias alternativas. Ejemplos de esos costos adicionales de inversión son el reciclado de sustancias controladas, la modificación o reemplazo de equipo y los gastos de patentes/derechos de propiedad y capacitación. El Comité Ejecutivo del Fondo tiene facultades discrecionales para incluir otros costos. Un importante hecho reciente fue la decisión adoptada por el Comité Ejecutivo de ayudar a financiar la eliminación de la capacidad de producción de SDO en los países que operan al amparo del artículo 5; en 1999, China, la India y el Brasil anunciaron las fechas fijadas para la eliminación completa de la capacidad de producción de CFC.



Fig. 4.4 Curso práctico regional para los Estados de Europa central y oriental y los Estados del Báltico, sobre Cumplimiento de la aplicación de los sistemas de licencias nacionales en Hungría, ejecutado con ayuda del Fondo para el Medio Ambiente Mundial.



Fig. 4.5 Capacitación en alternativas al metilbromuro en Malawi, realizada con asistencia del Fondo Multilateral.

El Comité Ejecutivo aprueba tanto los programas nacionales (y sus actualizaciones) como las propuestas ulteriores de proyectos de inversión y fortalecimiento institucional. Al 31 de marzo de

2000, se habían asignado más de 1.000 millones de dólares para eliminar el consumo y la producción de 131.000 toneladas PAO de SDO en 117 países que operan al amparo del artículo 5.

- 1993:** Las Partes en el Protocolo de Montreal acuerdan no permitir ninguna exención para la producción de halones más allá de la fecha de eliminación definitiva acordada en Copenhague, y aprueban un presupuesto de 510 millones de dólares para el Fondo Multilateral para el trienio 1994-1996.
- 1994:** Eliminación total de los halones en los países desarrollados. Según los datos presentados a la Secretaría del Ozono en 1994, el consumo de CFC y halones en Partes que eran países desarrollados disminuyó alrededor del 50% entre 1986 y 1992.

5. El impacto del régimen para la protección del ozono

Historia del régimen para la protección del ozono

En mayo de 2000, un total de 176 países habían ratificado Convenio de Viena de 1985 y 175 países el Protocolo de Montreal de 1987; 139 habían ratificado la Enmienda de Londres de 1990, 106 la Enmienda de Copenhague de 1992, 37 la Enmienda de Montreal de 1997 y 1 la Enmienda de Beijing de 1999.

Las cifras de producción y consumo de las diversas sustancias controladas han cambiado radicalmente. A fines de 1998 (la última fecha para la que se dispone de datos completos) la producción de los CFC controlados originalmente disminuyó en un 95% en los países industrializados (la producción restante se utiliza para usos esenciales y para las exportaciones a países en desarrollo); y la

producción de los halones controlados originalmente había disminuido en un 99,8%. Aunque tanto la producción como el consumo habían aumentado en los países en desarrollo, como se esperaba y se permitía en el Protocolo, la producción mundial global había disminuido en aproximadamente el 88% (CFC) y el 84% (halones) con respecto a 1986, año de referencia.

El aumento de la concentración de los principales productos químicos destructores del ozono en la atmósfera se ha desacelerado claramente. El total combinado de concentración de sustancias destructoras del ozono en la atmósfera inferior llegó a su punto máximo en 1994 y está disminuyendo lentamente, aunque la disminución del cloro total se contrarresta en cierta medida con el aumento continuo del bromuro total. Las concentraciones en la atmósfera

superior, donde se encuentra la capa de ozono, tienen un retraso de hasta 6 años, y tal vez el total de las concentraciones de cloro y bromuro en la estratosfera hayan llegado a su punto máximo antes del año 2000 (todavía no se dispone de datos completos), mientras que la tasa de crecimiento de las concentraciones de los principales compuestos de cloro ciertamente ha disminuido. No obstante, las pérdidas promedio actuales del ozono (6% en las latitudes medias septentrionales en invierno/primavera, 5% en las latitudes medias meridionales todo el año, 50% en la primavera antártica y 15% en la primavera ártica) y el aumento de la radiación UV-B (7%, 6%, 130% y 22%, respectivamente) pueden llegar a aumentar aún más si empeoran en las repercusiones del cambio climático en el agotamiento de la capa de ozono. El efecto del Protocolo y de sus ajustes y

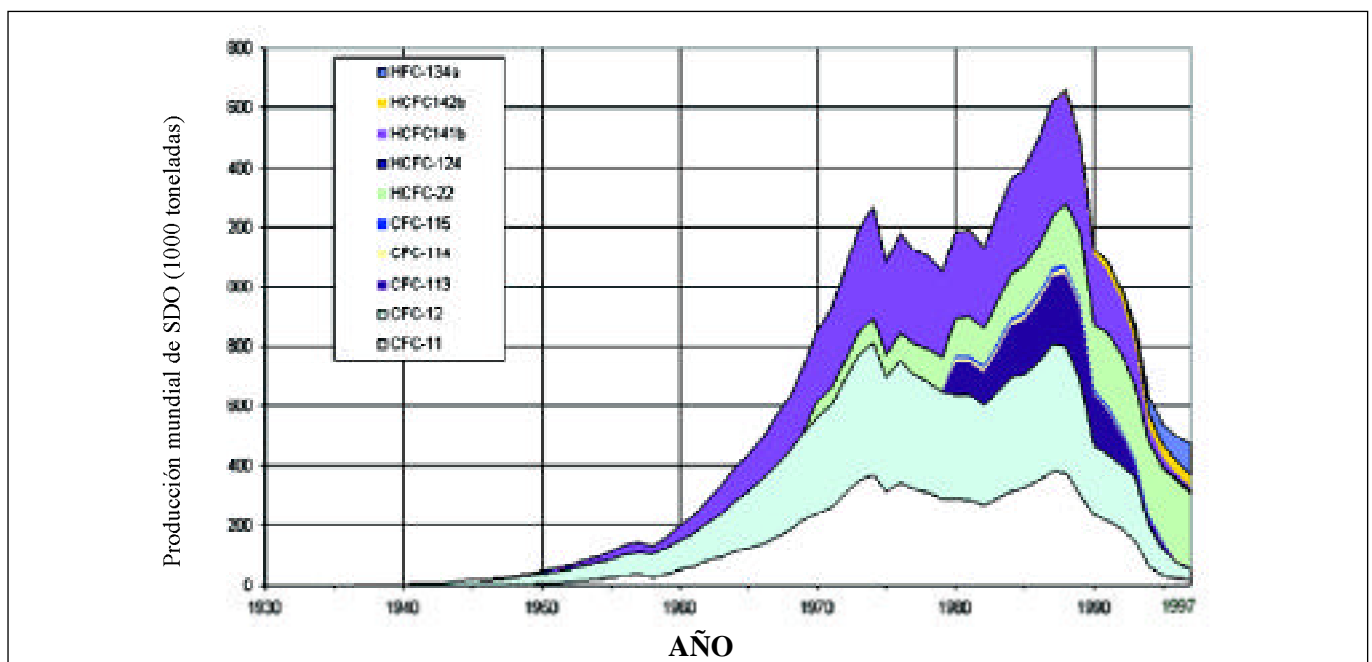


Fig. 5. Producción mundial de sustancias destructoras del ozono 1940–1997 (1.000 toneladas métricas).

1995: Se celebra en Viena el décimo aniversario del Convenio de Viena. Los grupos de evaluación establecidos en el marco del Protocolo de Montreal comunican que el proceso de eliminación está muy avanzado en la mayoría de los países desarrollados, y que los países en desarrollo también están haciendo progresos, aunque en algunos de ellos el consumo de sustancias controladas está aumentando. Las Partes en el Protocolo, reunidas en Viena, acuerdan acortar los calendarios de eliminación de los HCFC y el metilbromuro para los países desarrollados, establecen calendarios para todas las sustancias para los países en desarrollo, y estudian posibles casos de incumplimiento en algunos países con economías en transición. La Unión Europea elimina en forma definitiva los CFC.

enmiendas se puede ver muy claramente en la proyección de las concentraciones de productos químicos destructores del ozono si éste no hubiera existido. Sin el Protocolo en el “mundo que no fue” habría habido una concentración de productos químicos en la atmósfera de por lo menos 17 partes por mil millones de cloro efectivo equivalente en el año 2050, es decir, cinco veces el valor actual y 9 veces el valor actualmente proyectado para 2050. El agotamiento de la capa de ozono sería por lo menos del 50% en las latitudes medias septentrionales, y del 70% en las meridionales, lo cual provocaría niveles dobles y cuádruples de UV-B en la superficie. Además todas estas cifras irían en aumento.

Gracias al Protocolo de Montreal se evitaron importantes consecuencias en la salud humana y el bienestar que esta situación hipotética habría traído consigo. En cambio, suponiendo que se seguirán respetando los calendarios del control de Protocolo, los científicos esperan una recuperación constante de la capa de ozono, que volverá a su nivel de la época preindustrial. La tasa de recuperación será mucho más lenta que la del daño infligido por la lentitud con que los procesos naturales eliminan los productos químicos de la atmósfera, y también podría retrasarse aún más por las erupciones volcánicas, los inviernos árticos muy fríos o las complejas interacciones con otras fuentes de contaminación. Por consiguiente, es probable que en los próximos 10 a 20 años los niveles de ozono se mantengan en su nivel más bajo y la recuperación completa no se logre hasta mediados de siglo.

Alternativas a las sustancias destructoras del ozono

Esta victoria de la diplomacia ambiental internacional ha sido posible porque los sectores científico e industrial, alentados por los claros objetivos del Protocolo de Montreal, han podido desarrollar y comercializar alternativas a los productos destructores del ozono. Esas alternativas adoptan la forma no sólo de *sustancias* sino también de *tecnologías alternativas* que no utilizan esas sustancias.

Por lo general, la eliminación del uso de CFC en los países industrializados ha sido mucho más fácil de lo previsto. Las alternativas que no utilizan CFC han sido especialmente importantes en el sector de la electrónica, en que con las técnicas “que no requieren limpieza” con frecuencia se dejan de utilizar los CFC como solventes. El sector de la espumación reemplazó los CFC por agua, dióxido de carbono, hidrocarburo HCFC. El sector de la refrigeración y aire acondicionado ha usado sobre todo HCFC como alternativa, pero los nuevos equipos utilizan cada vez más hidrofluorocarbonos no destructores del ozono (HFC) (aunque se trata de poderosos gases de efecto invernadero, lo cual constituye un motivo más para coordinar estrechamente los regímenes para la protección del ozono y del cambio climático), amoníaco (producto químico utilizado en los primeros refrigeradores) o hidrocarburos. El almacenamiento o “acumulación de existencia”, en que se han producido CFC antes de la eliminación para su uso ulterior, ha contribuido a ampliar los períodos de desarrollo y ensayo de sustancias sustitutivas.

Las industrias consumidoras también han usado la acumulación

de existencias para dar más tiempo al desarrollo de productos sustitutivos de los halones para la extinción de incendios. Actualmente se ha generalizado el uso de otros agentes de extinción, como el dióxido de carbono, el agua, la espuma y el polvo seco. Otras formas de abordar el problema, como son las buenas prácticas de prevención de incendios, la utilización de materiales ignífugos y el mejoramiento del diseño de los edificios, han reducido sustancialmente la necesidad de recurrir a sistemas que utilizan halones, y la eliminación definitiva en los países industrializados se logró sin tropiezos a fines de 1993. Los países industrializados centran actualmente sus medidas de eliminación en los HCFC y el metilbromuro. Las Partes en el Protocolo de Montreal deben velar por que los HCFC sólo se usen como productos sustitutivos de otras SDO cuando no existen alternativas ambientalmente idóneas. Los HCFC contribuyeron mucho al cumplimiento de los objetivos primeros de eliminación de CFC, pero, por lo general, se consideran mucho menos importantes para los nuevos equipos disponibles a mediano y largo plazo.

La eliminación del metilbromuro plantea más dificultades. Esto debe a que afecta a un conjunto de productores y consumidores muy distinto del que utilizaba fluorocarbonos, y también a que es más difícil encontrar alternativas. Su aplicación más importante es en la agricultura, sobre todo en la fumigación para la lucha contra plagas y malezas; a menudo los importadores exigen ese tipo de tratamiento. (El metilbromuro utilizado para aplicaciones de cuarentena y previas al envío actualmente está exento de controles). No obstante, en 1998 el Comité de opciones técnicas sobre el

1996: Eliminación definitiva de los CFC, el tetracloruro de carbono y el metilcloroformo en los países en desarrollo, y de los HBFC en todos los países. Las Partes en el Protocolo de Montreal acuerdan la tercera reposición trienal (1997-1999) del Fondo Multilateral por una suma de 540 millones de dólares y tratan el problema cada vez mayor del tráfico ilícito de CFC.

1997: Se celebra el décimo aniversario del Protocolo de Montreal en Montreal. La Reunión de las Partes en el Protocolo propone los controles del metilbromuro y adopta la Enmienda de Montreal, por la cual se introduce un sistema de licencias para importaciones y exportaciones de todas las categorías de SDO.

metilbromuro del PNUMA identificó alternativas técnicamente viables para más del 95% de los usos no relacionados con las aplicaciones de cuarentena y previas al envío y, de todas maneras, muchos países ya someten estos productos químicos a controles a causa de su toxicidad. En 1997, las Partes acordaron adelantar la fecha de eliminación del metilbromuro del 2010 al 2005 para los países industrializados, mientras que para los países en desarrollo se fijó el 2015 como fecha de eliminación.

Nuevos problemas

El régimen para la protección del ozono ha ido evolucionado y pasando por distintas etapas. Las primeras reuniones de las Partes se centraron principalmente en identificar las sustancias destructoras del ozono, llegar a un acuerdo sobre las medidas de control y eliminar las sustancias en los países industrializados. En los últimos años la atención se centró más en cuestiones de *aplicación*, especialmente en los países en desarrollo y los países con economías en transición.

Desde 1995, el régimen para la protección del ozono ha enfrentado algunos casos de incumplimiento por parte de varios Estados de Europa oriental y la ex Unión Soviética, debido a las dificultades por la que están pasando por la reestructuración global de sus economías. Esos Estados no pueden recibir asistencia del Fondo Multilateral. Esta situación se dio principalmente en Rusia, el mayor consumidor y productor de la región. Para la eliminación de SDO los países con economías en transición pueden obtener recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, que se creó en 1991 para financiar el desarrollo ambientalmente sostenible. Hasta el momento, el

Fondo ha aprobado 148 millones de dólares para proyectos y actividades relacionadas con la eliminación de sustancias destructoras del ozono en 14 países con economías en transición. El Comité de Aplicación del Protocolo ha colaborado con las Partes en cuestión, así como con el FMAM y los organismos de ejecución, para velar por que esos países mejoren su presentación de datos, establezcan y pongan en práctica nuevos calendarios de eliminación y cumplan las restricciones de comercio específicas. Actualmente todas las Partes interesadas están cumpliendo o se han comprometido a cumplir las disposiciones del Protocolo, con lo cual no ha sido necesario suspenderlas del Protocolo (máxima sanción existente); ciertamente un logro considerable para un acuerdo ambiental internacional. En la Reunión de las Partes de 1999, gracias a una iniciativa de financiación especial del Banco Mundial y después del tercer tramo de financiación del FMAM, Rusia aceptó fijar el mes de junio de 2000 como fecha para la eliminación de su capacidad de producción.

El segundo problema emergente es el aumento del comercio ilícito, que generalmente tiene lugar cada vez que se decide prohibir el uso de una sustancia. En los lugares donde los productos sustitutos de los CFC (o, con frecuencia, el nuevo equipo que tal vez sea necesario para utilizarlos) resultan más costosos que los procedimientos originales, se ha desarrollado un mercado negro. El problema es especialmente grave en los Estados Unidos, donde los impuestos indirectos sobre los CFC, introducidos para fomentar su eliminación, han sido un incentivo para la importación ilícita de CFC; en 1994-1995 se estimaba que el único valor monetario mayor que los

CFC de contrabando eran los estupefacientes, que ingresaban por contrabando principalmente desde Miami. Sin embargo, las autoridades de los Estados Unidos respondieron con firmeza al problema y han arrestado y procesado a muchas personas por contrabando de CFC y evasión de impuestos indirectos federales. El reemplazo continuo de maquinaria que utiliza CFC también, por supuesto, ha contribuido a que disminuyera la demanda y, por consiguiente, el comercio. En la Unión Europea, y en algunos otros países, también existe una importación ilícita de diversas categorías de SDO y estos países han promulgado normas y establecido sistemas para controlar esta actividad.

Otra manera de poner fin al comercio ilícito es eliminar las existencias de nuevos CFC y halones con el cierre de las plantas de producción. El Gobierno de la Federación de Rusia está trabajando con el FMAM y con donantes para cerrar sus plantas de producción de CFC y eliminar completamente el consumo de CFC en el año 2000. El FMAM ha contribuido 60 millones de dólares y 10 países donantes se han comprometido a contribuir una suma adicional de 19 millones de dólares para financiar esta actividad. Actualmente China es el mayor productor del mundo de CFC y halones. El Fondo Multilateral ha asignado 150 millones de dólares para ayudar a cerrar las plantas de producción de esos productos químicos en el país durante los próximos diez años. El Fondo también convino asignar a la India, el segundo principal productor de los países en desarrollo, 82 millones de dólares para cerrar las plantas de producción en ese país.

- 1998:** Las Partes estudian el modo de disminuir diversas exenciones para el uso de SDO, y dedican cada vez más tiempo a cuestiones relacionadas con el incumplimiento.
- 1999:** Los grupos de evaluación informan que está desacelerándose el agotamiento del ozono y que tal vez éste llegue su punto máximo antes del año 2000, a un nivel menor que el que se había estimado originalmente; las observaciones atmosféricas han demostrado fehacientemente que el Protocolo de Montreal está dando resultado. Prácticamente todos los países en desarrollo cumplen su objetivo original de los calendarios de

6. El futuro del régimen para la protección del ozono

Muchos consideran que el Protocolo de Montreal es uno de los tratados ambientales internacionales más eficaces. Ha establecido un régimen flexible pero firme, que ha evolucionado con el tiempo en respuesta a los descubrimientos científicos y tecnológicos.

A mediados del decenio de 1980 los debates internacionales pusieron de manifiesto muchas dudas sobre la magnitud y las causas del agotamiento del ozono y la posibilidad de tomar medidas al respecto. Pasados sólo 15 años, en la última Reunión de las Partes del siglo celebrada en Beijing en diciembre de 1999, se acordó la quinta serie importante de revisiones de los calendarios de control establecidos en 1987. Los CFC, cuyos niveles de producción, de aplicarse el acuerdo original, debían situarse aún en el 80% del nivel de 1986, se eliminaron completamente en los países industrializados a fines de 1995. La producción de halones, a la que con arreglo al acuerdo original sólo había que poner un tope, cesó a fines de 1993. Otros productos químicos que hace dos decenios ni siquiera se consideraban sustancias destructoras del ozono están ahora regulados por los acuerdos, con calendarios de control progresivamente acelerados. Mientras que en Montreal en 1987 casi no habían estado presentes los países en desarrollo, muchos de ellos se han sumado al Protocolo y, a mediados de 1999, con las pruebas disponibles hasta el momento,

prácticamente todos cumplieron su primer objetivo de los calendarios de control.

El Protocolo ha sido aclamado por muchos como un modelo para futuros acuerdos ambientales internacionales y, de hecho, muchas de sus características se han incorporado a otros tratados o fueron adaptadas para utilizarlas en éstos. El progreso de las negociaciones constituye en más de una forma un modelo para la

negociación de tratados internacionales con la plena participación de todos los grupos principales, a saber, gobiernos, industria, científicos y organizaciones no gubernamentales. La flexibilidad que se dio al Protocolo, mediante un proceso de revisión para el establecimiento de metas y la introducción de enmiendas, ha permitido que evolucionara constantemente en respuesta al desarrollo de las investigaciones científicas y las

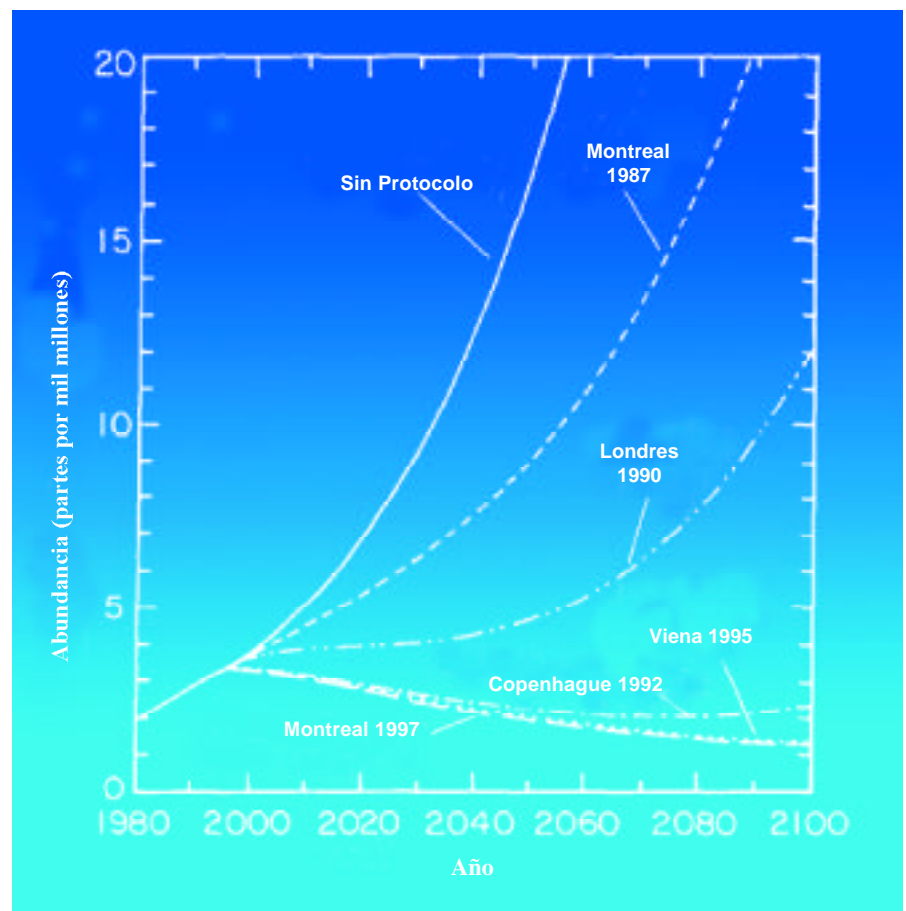


Fig. 6.1 Efecto de los acuerdos internacionales en el cloro/bromo estratosférico, destructores del ozono.

- 2000:** Décimoquinto aniversario de la firma del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono.
2002: Eliminación total del bromoclorometano en los países desarrollados y los países en desarrollo.
2005: Eliminación total del metilbromuro en los países desarrollados.
2010: Eliminación total de los CFC, halones y tetracloruro de carbono en los países en desarrollo.
2015: Eliminación total del metilcloroformo y del metilbromuro en los países en desarrollo.
2030: Eliminación total de los HCFC en los países desarrollados.
2040: Eliminación total de los HCFC en los países en desarrollo.

gubernamentales y los medios de información son canales esenciales de comunicación y de educación con los pueblos del mundo en cuyo nombre se adoptan las medidas; en los primeros años, sobre todo, su intervención fue decisiva para alentar a los encargados de adoptar decisiones a tomar medidas firmes y actualmente siguen contribuyendo a mantener la presión para la adopción de nuevas medidas. Los gobiernos han colaborado pacientemente a fin de negociar acuerdos aceptables para distintos países con muy diversas características, metas y recursos, y han dado muestras de coraje y de previsión aplicando el principio de precaución antes de disponer de pruebas científicas indiscutibles. Y a lo largo de toda su historia, el PNUMA ha sido un elemento catalizador para la adopción de medidas y ha aportado los medios para acordarlas y ponerlas en práctica, revelándose como la institución mundial necesaria para hacer frente a un problema realmente mundial.

La iniciativa y la visión de futuro de los primeros negociadores de Viena y Montreal dieron nacimiento a un tratado eficaz que ha detenido e invertido el progresivo deterioro de la capa de ozono que protege a la Tierra. No menos iniciativa y visión de futuro se necesitarán en este nuevo siglo, ahora que la comunidad internacional se dispone a abordar los nuevos problemas que afronta el régimen internacional de protección del ozono, para que la capa de ozono estratosférico recupere plenamente la salud.

DECLARACIÓN DE BEIJING SOBRE UN COMPROMISO RENOVADO PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

Nosotros, los ministros y jefes de delegación de las Partes en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono,

Habiendo participado, a invitación del Gobierno de la República Popular de China, en la quinta reunión de las Partes en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y la 11ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, celebradas del 29 de noviembre al 3 de diciembre de 1999, en Beijing, China,

Habiendo celebrado deliberaciones a fondo sobre cuestiones importantes relativas a la protección de la capa de ozono y la aplicación del Convenio y el Protocolo,

Recordando los logros realizados hasta la fecha en esa esfera y tratando de abordar con decisión los problemas a que nos enfrentaremos en el futuro,

Reafirmando, en la víspera del nuevo milenio, nuestro compromiso con la protección de la capa de ozono mediante la aplicación firme del Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal para eliminar de las sustancias destructoras del ozono con miras a proteger la seguridad ambiental de las generaciones presentes y futuras,

Declaramos:

1. Que nos complace tomar nota de los importantes progresos realizados en la aplicación del Protocolo de Montreal en el último decenio desde que se adoptó la Declaración de Helsinki, como atestigua el hecho de que las Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 han cesado la producción y el consumo de CFC a partir del 1º de enero de 1996, y que las Partes que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 se comprometieron a congelar su producción y consumo de CFC al nivel medio del período 1995-1997, a partir del 1º de julio de 1999;
2. Que nos complace asimismo tomar nota de que la reducción y eliminación de otras sustancias destructoras del ozono también se están efectuando de conformidad con las medidas de control que acordamos en la anterior Reunión de las Partes, y en algunos casos más rápidamente, y celebramos los nuevos progresos acordados en esta Reunión de las Partes;
3. Que aprovechamos esta oportunidad para expresar nuestro sincero agradecimiento por los esfuerzos realizados en ese sentido por los gobiernos, las organizaciones internacionales, la industria, los expertos y otros grupos pertinentes;
4. Que somos plenamente conscientes, sin embargo, de que no podemos descansar en nuestros laureles, porque los científicos nos han informado de que el agujero del ozono ha alcanzado enormes proporciones y que está muy lejos de lograrse la recuperación de la capa de ozono;
5. De que somos plenamente conscientes de que las Partes tendrán que enfrentarse a nuevos problemas, ya que hemos entrado en un nuevo período de reducciones sustantivas de las sustancias destructoras del ozono a partir del 1º de julio de 1999 y, por consiguiente, debemos garantizar la continuación y el desarrollo de la significativa cooperación financiera y técnica proporcionada con arreglo al párrafo 1 del artículo 10 del Protocolo de Montreal, para permitir que todos los países aprovechen plenamente los beneficios que ofrecen los últimos adelantos tecnológicos, incluida la continuación de las iniciativas para garantizar la financiación destinada a los países de bajo consumo;
6. Que, por tanto, hacemos un llamamiento a las Partes a que demuestren una voluntad política más firme y adopten medidas más eficaces para cumplir las obligaciones del Convenio de Viena y del Protocolo de Montreal, y a que insten a todos los Estados que todavía no lo han hecho a que ratifiquen y aprueben el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal y sus enmiendas, o se adhieran a ellos;
7. Que también hacemos un llamamiento a las Partes pertinentes para que tomen todas las disposiciones necesarias para abordar el problema del comercio ilícito en sustancias destructoras del ozono y salvaguardar los logros alcanzados hasta este momento;
8. Que hacemos un llamamiento a las Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 a que sigan proporcionando fondos adecuados y transfiriendo con toda prontitud tecnologías ambientalmente racionales, con arreglo al Protocolo de Montreal, a las Partes que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, para ayudarlas a cumplir sus obligaciones; y también hacemos un llamamiento a las Partes que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 a que adopten todas las medidas adecuadas necesarias para garantizar el uso eficiente de los recursos proporcionados por las Partes que no operan al amparo del párrafo 1 de dicho artículo;
9. Que también hacemos un llamamiento a la comunidad internacional para que dé más importancia a las cuestiones relativas a la protección de la capa de ozono y a la protección de la atmósfera mundial en general, teniendo en cuenta la necesidad de promover el desarrollo social y económico en todos los países.

