

La OMM participa también activamente en el trabajo de los grupos de trabajo *ad hoc* establecidos por el Comité de Ciencia y Tecnología (CCT) de la CCD. Según el artículo 25 de la Convención, el CCT está dirigido al tema de abordar una encuesta y una evaluación de las redes, instituciones, agencias y organismos existentes deseados de convertirse en una red para apoyar la ejecución de la CCD. La OMM es parte de un consorcio de organizaciones y agencias especializadas de las Naciones Unidas y de organizaciones de investigación internacionales y subregionales que están abordando este trabajo.

Referencias

CCD, 1996. *United Nations Convention to Combat Desertification in those countries Experiencing Serious Drought or De-*

sertification particularly in Africa. Texto con anexos. Secretariado de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertización. Bonn, Alemania.

WILLIAMS, M. A. J. y R. C. BALLING, 1996: *Interactions of Desertification and Climate*. Publicado para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, de la Organización Meteorológica Mundial. Arnold. Londres, Reino Unido.

WILHITE, D. A., M. V. K., SIVAKUMAR y D. A. WOOD (Eds.), 2000: *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management*. Actas de una Reunión del Grupo de Expertos mantenida en Lisboa, Portugal, 5-7 de septiembre de 2000. AGM-2, WMO/TD N.º 1037. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza.

WMO (OMM), 1999: *Early Warning Systems for Drought and Desertification: Role of National Meteorological and Hydrological Services*. WMO-N.º 906. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza.

La OMM y la Convención del Ozono

El papel de la OMM en la recuperación de la capa de ozono

127

El ozono fue descubierto por C. F. Schönbein en Alemania, en 1839. En 1880 se había demostrado que absorbía fuertemente en el espectro ultravioleta. No fue hasta los años veinte, sin embargo, en que C. M. B. Dobson de Oxford, Reino Unido, perfeccionó un instrumento capaz de medir de forma rutinaria el ozono atmosférico total en el lugar de medida. Este instrumento, el espectrofotómetro de ozono de Dobson, está aún en uso hoy en día en cerca de un centenar de estaciones y, desde 1957, ha formado el esqueleto de la red mundial de vigilancia del ozono.

En este punto, sería útil revisar algunas informaciones científicas básicas con respecto al ozono. En primer lugar, el ozono es un gas de origen natural con tres átomos de oxígeno elemental, en vez de los dos átomos habituales del oxígeno que todos respiramos. El ozono se forma en la atmósfera por la acción de la radiación solar sobre el oxígeno (O_2) la cual, mediante

un proceso llamado fotólisis, rompe el O_2 en átomos sencillos de oxígeno que se recombinan después con el O_2 para formar el ozono (O_3). Aproximadamente el 90 por ciento del ozono atmosférico puede encontrarse en la capa entre 15 y 50 km por encima de la superficie de la Tierra. La Figura 1 muestra la localización de la capa de ozono y su efecto estabilizador sobre la temperatura en la estratosfera. Esto es debido a que ésta es la región de la atmósfera en la que la radiación solar incidente encuentra por primera vez suficiente oxígeno

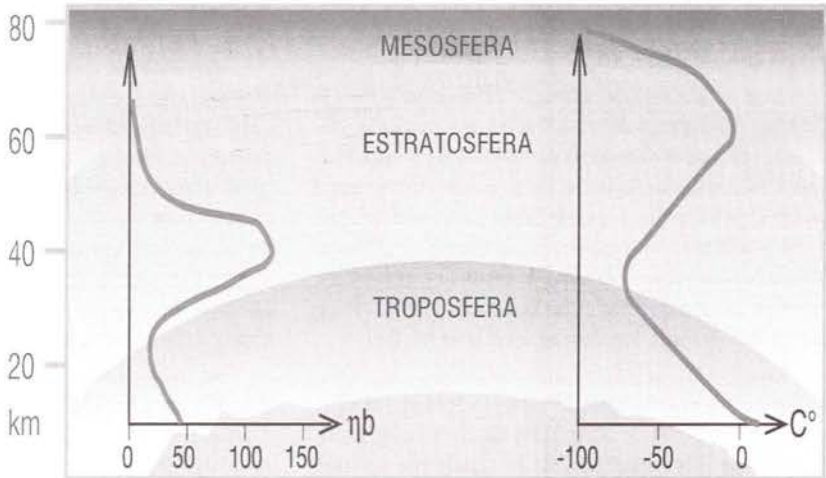


Figura 1 — Representación esquemática de la posición de la capa de ozono y del perfil vertical de la temperatura a lo largo de la atmósfera.

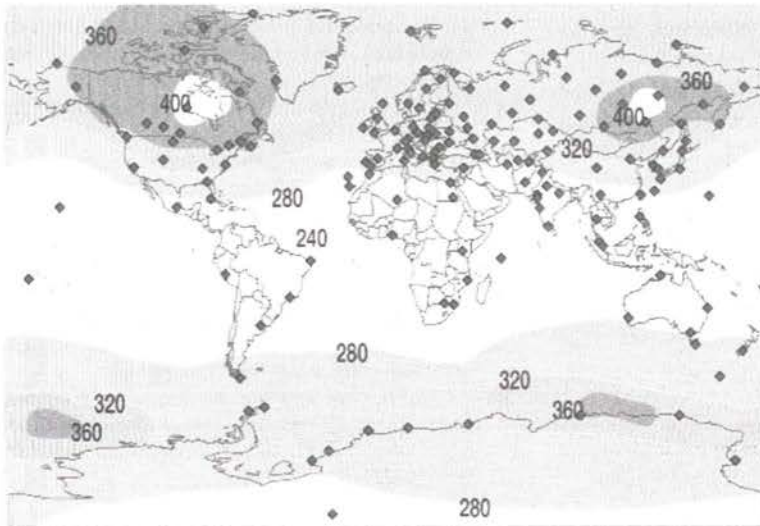


Figura 2 — Distribución del ozono promedio total: localización de la red de superficie de la OMM para el ozono.

no para que ocurra el proceso. Su concentración máxima se encuentra aproximadamente entre los 15 y 30 km: la región que se conoce habitualmente como la capa de ozono. Esta capa absorbe una buena parte de la biológicamente dañina radiación ultravioleta emitida por el Sol. Como consecuencia, los ecosistemas del mundo han evolucionado durante cientos de millones de años en condiciones ultravioletas controladas por esta capa de ozono. La cantidad total de ozono atmosférico en cualquier lugar de la Tierra varía diariamente, pero es generalmente menor sobre las regiones ecuatoriales y mayor en latitudes boreales medias, tales como la zona alrededor de la bahía de Hudson y Siberia oriental. Los promedios mundiales se muestran en la Figura 2, junto con las localizaciones de la red terrestre de ozono de la OMM. En honor del pionero del instrumento de ozono, la unidad de medida para el ozono se conoce como la unidad Dobson: 300 unidades Dobson corresponden al promedio mundial del ozono atmosférico total.

Este artículo trata sobre el papel jugado por la OMM en el liderazgo de la acción internacional para detener y reparar el daño de la capa de ozono y las actividades continuas de la OMM en esta materia. Antes de poder acordar lo que se puede hacer para resolver cualquier problema, éste tiene que identificarse y definirse primero. En el caso de la capa de ozono, es importante tener en cuenta que cualquier daño a la misma estaba teniendo lugar a 20 km de altura en la atmósfera.

La clave fue la información del ozono proporcionada por una red mundial de estaciones de ozono operada por la OMM, que permitió a los científicos, particularmente a los químicos de la atmósfera, realizar modelizaciones y otras investigaciones de las reacciones químicas en la estratosfera. La historia de esta red

del ozono, que existe todavía en la actualidad, comenzó en 1957, cuando la OMM asumió la responsabilidad sobre una red mundial de estaciones terrestres de medida del ozono, establecida durante el Año Geofísico Internacional (AGI). En 1960, la OMM reconoció la necesidad de recoger, controlar la calidad y hacer accesibles los datos que surgían de esta red emergente. Se estableció consiguientemente el Centro Mundial de Datos sobre el Ozono en Toronto, Canadá. Este Centro, puesto en funcionamiento por el Servicio

Meteorológico de Canadá, contiene actualmente grandes depósitos de información tanto sobre perfiles verticales como sobre ozono atmosférico total, junto con información de radiación ultravioleta desde 1992. Mantener una red de alta calidad con esta infraestructura de apoyo durante más de 40 años representa un gran esfuerzo para la OMM y para los miles de científicos y técnicos individuales implicados en esta operación. La red AGI original, basada en instrumentos Dobson, ha visto su expansión con la adición de instrumentos de filtro desarrollados en la antigua Unión Soviética, el despliegue de los instrumentos tipo Espectrómetros Brewer automáticos en los años ochenta y noventa, y los sistemas de satélites. La OMM está buscando continuamente oportunidades para mejorar la cobertura geográfica de las estaciones de observación desde superficie para incluir las zonas ecuatorial y oceánica, que están poco representadas en este momento.

Una serie de sistemas de satélite están midiendo actualmente el ozono atmosférico total y su distribución vertical a lo largo de la atmósfera. Algunos son capaces de proporcionar una cobertura diaria completa sobre la parte de la Tierra iluminada por el Sol, y tienen la ventaja de proporcionar su información casi en tiempo real. Los sistemas de satélites, sin embargo, siguen necesitando información de medidas de las estaciones de superficie y de globos con fines de calibración y validación de base.

La red de ozono mundial funciona actualmente bajo el patrocinio del programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM (VAG) que tiene, además de la vigilancia del ozono, componentes que tratan de la vigilancia mundial de los gases de efecto invernadero y de temas de contaminación regional, tales como

la lluvia ácida y el transporte a gran escala de la contaminación.

Hasta 1970 nadie pensó que la actividad humana podía destruir la capa de ozono protectora. Sin embargo, en ese año, P. J. Crutzen dedujo que los gases de escape de una flota de aviones supersónicos volando en la estratosfera inferior podrían tener un impacto adverso en el ozono estratosférico. En segundo lugar, en 1974, F. S. Rowland y M. Molina demostraron que una clase de compuestos químicos inertes conocidos como clorofluorocarbonos (CFC), utilizados como impulsores y en refrigeradores, transportados hasta la estratosfera por las corrientes de aire convectivas, podían desprender cloro libre bajo la acción de la luz solar, lo cual, sostenían, podría destruir el ozono. Los tres científicos recibieron el Premio Nobel en 1995.

En 1975, la OMM convocó a un grupo de expertos para preparar una declaración autorizada titulada "La modificación de la Capa de Ozono debida a las Actividades Humanas y algunas Posibles Consecuencias Geofísicas". La declaración se centró en los efectos tanto de los aviones supersónicos como de los CFC. Supuso la primera advertencia internacional del peligro de una reducción sustancial del ozono, y recomendó una acción internacional para mejorar la comprensión del problema.

El año siguiente, la OMM lanzó el Proyecto Mundial sobre la Investigación y la Vigilancia del Ozono con el fin de proporcionar asesoramiento a sus países Miembros, a las Naciones Unidas y a otros organismos internacionales en relación con:

- la medida en la cual la contaminación originada por las actividades humanas podría ser responsable de la reducción de la cantidad de ozono de la estratosfera;
- el posible impacto de los cambios del ozono estratosférico sobre el clima y sobre la radiación solar ultravioleta en la superficie de la Tierra;
- la identificación de las necesidades para reforzar una vigilancia a largo plazo del ozono.

El proyecto reunió a científicos de todo el mundo y forjó una estrecha relación de trabajo con el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) que demostró ser extremadamente importante para el compromiso de los políticos internacionales. El resultado del Proyecto

ha sido considerable: se han publicado más de cuarenta artículos científicos sustanciales, incluyendo ocho grandes evaluaciones de la capa de ozono, que han proporcionado la base científica de soporte a la Convención de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono, en 1985, y el posterior Protocolo y Enmiendas.

La Declaración de la OMM publicada en 1975 preparó el terreno para la acción internacional. En 1976, el PNUMA solicitó "un examen de la necesidad y la justificación de recomendar cualquier control nacional e internacional sobre la liberación de productos químicos fabricados por el hombre". Debería advertirse que no existían evidencias, en ese momento, de lo que se iba a descubrir en los años 80 sobre la Antártida. También en 1976, la OMM, junto con el PNUMA, convocó una reunión de expertos gubernamentales y organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, en la que los participantes adoptaron un "Plan Mundial de Acción sobre la Capa de Ozono". La OMM asumió la responsabilidad de la parte del Plan que trataba de materias científicas y de investigación. Al adoptar el Plan de Acción, los expertos gubernamentales aceptaron que había un problema medioambiental potencial, aunque su extensión tenía que determinarse todavía.

Poco después, varios países tomaron acciones para la reducción progresiva del uso de los CFC en aerosoles y, en 1980, la Comisión de la Comunidad Europea acordó no aumentar la producción de CFC, solicitando una reducción del 30 por ciento en su uso en envases de aerosoles para 1982.

Para revisar la ejecución del Plan de Acción, se estableció un comité coordinador con representantes de los países y del PNUMA, de la OMM, de la Organización Mundial de la Salud y de una serie de organizaciones no gubernamentales. Este comité se convirtió en el

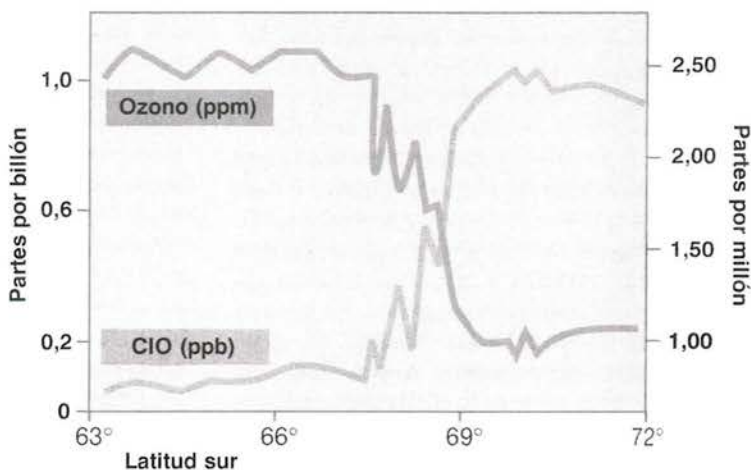


Figura 3 — Exposición esquemática de las graves pérdidas de ozono estratosférico en el vórtice antártico donde son evidentes los altos niveles de cloro (vuelo de avión de la NASA en 1987).

punto focal mundial para el ozono, en el que los científicos y los fabricantes de productos químicos debatieron los últimos descubrimientos científicos. Se deshizo a mediados de los 80 después de que la evidencia presentada por los científicos respecto de la destrucción del ozono por los CFC fuera aceptada finalmente por todos.

El Proyecto del Ozono de la OMM estimuló un aumento de los sistemas de investigación y observación en los años posteriores a 1976, y se reunió una cantidad creciente de pruebas que señalaban el potencial real del daño humano a la capa de ozono, con consecuencias desconocidas para los humanos y los ecosistemas. Captando la preocupación internacional, durante la primera reunión del Grupo ad hoc de Expertos Legales y Técnicos para la Elaboración de una Convención Marco Mundial para la Protección de la Capa de Ozono, en enero de 1982, la OMM aportó un documento que detallaba los descubrimientos científicos en ese momento. Tres años después, la mayoría de los gobiernos del mundo habían adoptado la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono.

Al mismo tiempo que se desarrollaba la Convención, se detectó la primera indicación de una reducción significativa de la capa de ozono por medio de la red terrestre de la OMM de medida de ozono. H. S. Chubachi, de Japón, informó en el Simposio Internacional del Ozono de 1984 de valores de ozono extremadamente bajos sobre una estación antártica japonesa, aproximadamente 200 unidades Dobson, un tercio menos de lo que sería de esperar. El significado completo de estos datos fue reconocido sólo después de la publicación, en 1985, de los datos de la estación de ozono mundial de la OMM, puesta en funcionamiento por el Estudio Antártico Británico en Halley Bay. El artículo de J. Farman demostró no sólo la drástica reducción del ozono sino también el nexo con la carga creciente de cloro estratosférico. La Figura 3 muestra la relación directa entre el aumento de la carga de cloro dentro del vórtice antártico y la destrucción del ozono estratosférico. Su artículo mostró la formación del actual "agujero" de ozono, cada primavera del hemisferio austral. Desde ese momento se ha incrementado la extensión y la duración de este fenómeno anual: actualmente cubre una zona de más de 20 millones de km² durante varias semanas en la primavera austral, con importantes pérdidas de ozono en la estratosfera. Las medidas y las

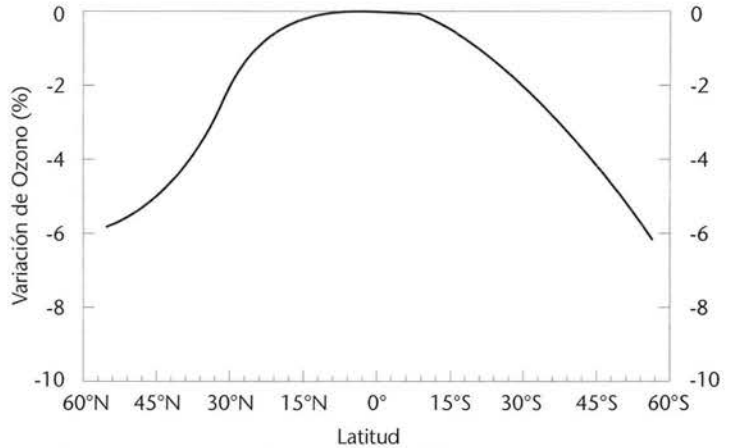


Figura 4 — Agotamiento del ozono, de norte a sur, 1979-1997

campanas estratosféricas especiales durante 1986 y 1987 confirmaron que los CFC seguían jugando un importante papel en la destrucción del ozono. Las condiciones necesarias para dicha destrucción del ozono estratosférico son únicas de las regiones polares, es decir, requieren la luz solar, concentraciones de cloro superiores a aproximadamente 2 partes por billón en volumen (ppbv) (la concentración de cloro es actualmente de aproximadamente 4 ppbv y se espera que se reduzca sólo lentamente en las próximas décadas), y temperaturas muy bajas, por debajo de -78°C , que, lo más importante para el proceso de destrucción, conducen a la formación de nubes estratosféricas polares (NEP). Dichas condiciones estratosféricas no son tan frecuentes en el Ártico, aunque también se han registrado allí reducciones significativas del ozono, extendiéndose a veces a latitudes boreales medias. Hace más de una década, la OMM inició la edición pública de Boletines del Ozono Antártico. Estos boletines, publicados cada diez a catorce días, empezando a mediados de agosto, proporcionan el estado del desarrollo, la extensión real, las pérdidas de ozono y la eventual reparación del agujero de ozono anual. Además, se publican boletines de primavera para las regiones boreales medias y árticas cuando las condiciones lo justifican. La concentración atmosférica de cloro está teniendo también un impacto significativo sobre el ozono estratosférico en otras regiones. Aunque no tan dramáticas como las pérdidas de ozono anuales sobre la Antártida, son igualmente preocupantes, ya que aparecen sobre partes densamente pobladas del mundo. La Figura 4 muestra el porcentaje de agotamiento del ozono atmosférico total entre 1979 y 1997 de 60°N a 60°S.

Poco después de la ratificación de la Convención de Viena, quedó de manifiesto a partir de la

evidencia científica, que se necesitaba, tan pronto como fuera posible, un potente protocolo para reducir progresivamente los compuestos químicos culpables. El Protocolo de referencia sobre Sustancias que Agotan la Capa de Ozono se adoptó en Montreal en septiembre de 1987 y solicitó una reducción del 50 por ciento de la producción y uso de CFC para el año 2000.

La Convención de Viena y su Protocolo de Montreal proporcionaron un ejemplo dramático de ciencia al servicio de la humanidad. Los científicos atmosféricos habían puesto de relieve los riesgos para la capa de ozono, permitiendo así a los líderes mundiales tomar acciones decisivas para proteger las sociedades en una etapa temprana, antes incluso de que se sintieran sus efectos completos.

En los años siguientes a la Convención, surgieron evidencias científicas adicionales sobre lo destructivos que podrían ser el cloro y el bromo para el ozono estratosférico, y esto se confirmó por observaciones de la red de la OMM para el ozono. Las Partes del Protocolo de Montreal actuaron para reforzar sus requisitos y para incluir nuevos compuestos químicos. Posteriormente adoptaron las enmiendas de Londres en 1990, Copenhague en 1992, Montreal en 1997 y, la más reciente, Pekín en 1999. Para tener éxito, estos acuerdos dependen de forma crítica de una cooperación generalizada entre todas las naciones. Incluso así, los niveles de cloro de la estratosfera se espera que se reduzcan lentamente en las próximas décadas debido a sus largos tiempos de vida, cayendo por debajo de 2 ppbv a mitad de siglo, como muestra la Figura 5.

¿Qué pasa con el futuro? Como se informó anteriormente, la OMM, a través de sus esfuerzos de observación e investigación científica, ha contribuido sustancialmente al tema del ozono. Jugó un papel clave en la identificación del problema potencial y comunicó eficazmente sus descubrimientos a los países Miembros y a las Naciones Unidas. Si las evidentes pérdidas de ozono de la estratosfera empiezan a revertir, o si la situación se deteriora depende ahora exclusivamente del cumplimiento por parte de los países del Protocolo de Montreal y sus enmiendas. Los líderes políticos internacionales deben continuar recibiendo información autorizada sobre el estado de la capa de ozono cuando revisen la eficacia de los acuerdos internacionales existentes.

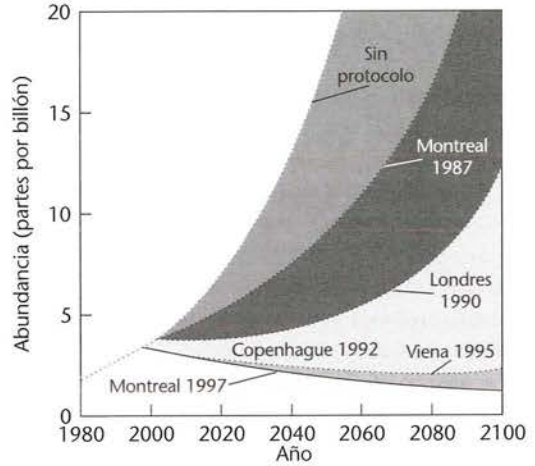


Figura 5 — Efecto de los acuerdos internacionales sobre el cloro/bromo estratosféricos que agotan el ozono

Con este fin es vital:

- seguir mejorando las capacidades de vigilancia de la concentración y distribución del ozono, y de los gases que agotan el ozono en la atmósfera, mediante el mantenimiento y la expansión de las estaciones de la OMM para la vigilancia del ozono mundial y de las estaciones mundiales y regionales del Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM, que realizan un seguimiento continuo de muchos de los compuestos químicos conocidos por destruir el ozono;
- intensificar la investigación y la cuantificación de los procesos atmosféricos mediante la vigilancia y el trabajo experimental rutinarios;
- prestar atención, con una prioridad alta, a la investigación relacionada con la interacción entre el ozono y el clima y el impacto de las emisiones de los aviones;
- asegurar el progreso de unas medidas de radiación ultravioleta coordinadas y compatibles así como su análisis y archivo;
- mantener informados a las autoridades y al público en general.

Para cumplir estos retos, la OMM necesitará seguir trabajando estrechamente con otras instituciones internacionales y nacionales competentes. El éxito de la colaboración hará posible tanto para tanto la OMM como para el PNUMA descargar sus responsabilidades y proporcionar la base para una acción internacional eficaz para salvaguardar la atmósfera para las generaciones futuras.

