

Recuadro 3

Efectos radiativos del cambio en el ozono

- El ozono troposférico ha aumentado en el hemisferio norte desde los tiempos preindustriales. Los modelos y las deducciones basadas en las observaciones sugieren un forzamiento radiativo positivo de unos 0.5 Wm^{-2} ;
- el ozono estratosférico ha disminuido desde los años setenta. Estudios unidimensionales confirman que la disminución entre 1980 y 1990 ha originado un forzamiento radiativo negativo de unos 0.1 Wm^{-2} frente al forzamiento positivo de 0.45 Wm^{-2} debido al aumento de otros gases invernadero en el mismo período;
- es probable que la media mundial del forzamiento radiativo neto originado por los cambios en el ozono haya sido positiva desde épocas preindustriales;
- se cree que la destrucción del ozono ha sido el factor dominante del enfriamiento medio mundial de entre 0.6°C y 0.8°C de la troposfera baja durante los últimos 20 años.

mosférica, existen importantes ambigüedades para cuantificar el sumidero oceánico del bromuro de metilo atmosférico. La estimación más probable de la duración total de la vida del bromuro de metilo atmosférico es de 1,3 años, dentro de un intervalo de entre 0,8 a 1,7 años. La destrucción potencial de ozono (DPO) por el bromuro de metilo se calcula en aproximadamente 0,6 (respecto a una DPO de 1 para el CFC-11).

La Evaluación del Ozono 1994 resalta varios puntos importantes para su consideración durante el proceso de formulación de objetivos.

Suponiendo que todas las naciones cumplan el Protocolo de Montreal modificado (Copenhague, 1992), el abundante cloro estratosférico continuará aumentando desde sus niveles actuales ($3,6 \text{ ppmm}$) hasta un máximo de $3,8 \text{ ppmm}$ hacia finales de siglo. El contenido futuro total de bromo dependerá de las decisiones que se adopten en cuanto a la producción y las emisiones humanas futuras de bromuro de metilo. En algún momento después del comienzo del nuevo siglo los niveles de cloro y bromo estratosférico iniciarán un descenso que continuará durante el siglo XXI y comienzos del XXII. La recuperación de la capa de ozono habría sido imposible sin las Enmiendas y Modificaciones al Protocolo original (Montreal, 1987).

La capa de ozono estará muy afectada por las perturbaciones antropogénicas y será susceptible a las variaciones naturales a finales de siglo, cuando se espera que tengan un máximo los contenidos de bromo y cloro en la estratosfera. Tomando como base de los cálculos las observaciones actuales, se espera que la destrucción máxima de ozono respecto a los niveles de la década de los sesenta tenga lugar durante, aproximadamente, los próximos 10 años. Sólo después de esto comenzará un período de disminución de la proporción de destrucción de ozono. Sin embargo, si las naciones no cumplen los acuerdos internacionales existentes, se retrasará la recuperación de la capa de ozono hasta después de la segunda mitad del próximo siglo.

Para asegurar la provisión de los datos de observación indispensables del estado de la capa de ozono y de avisos tempranos de una degradación adicional inesperada son necesarios trabajos continuos de los Miembros para reforzar el SMOO₃.

LA VIGILANCIA DE LA ATMOSFERA MUNDIAL (VAM) DE LA OMM

Por P. G. PRICE¹ y John M. MILLER²

Estado de realización

La VAM de la OMM ha hecho grandes avances desde que en 1989 la cuadragésimaquinta reunión del Consejo Ejecutivo aprobó un plan con los objetivos, los componentes y una lista parcial de las variables a medir. Ahora, más que nunca, la OMM tiene que desempeñar un papel destacado, no sólo en la vigilancia a los niveles regional y mundial de la composición química de fondo de la atmósfera y de sus características físicas aso-

ciadas, sino que también tiene que contribuir a valorar su estado y su evolución y participar en las actividades de investigación.

Los temas que trata la VAM son complejos: el cambio mundial y la influencia del hombre en la calidad del medio ambiente natural. En el calendario científico internacional de hoy en día ocupa un lugar prominente el valorar estos temas, sus efectos y las respuestas a éstos, a fin de hacer posible el predecir los estados futuros

¹Superintendente de la Sección de Vigilancia de la Atmósfera en el Servicio Meteorológico de Australia
²Jefe de la División de Medio Ambiente en el Departamento del Programa de Investigación Atmosférica y Medio Ambiente de la OMM



▲ El observatorio principal de Ushuaia, Argentina, construido recientemente

▼ Vista, desde el aire puro del observatorio de Ushuaia hacia el norte de la ciudad, y por encima del canal de Beagle, hasta la isla de Radono, para medir gases en trazas y aerosoles



del sistema de la Tierra. Encontrar una solución económicamente eficaz y ecológicamente efectiva es un reto de dimensiones mundiales que deben afrontar todos los países del mundo.

Los puntos científicos a debatir sobre los temas del medio ambiente deben deducirse de una base adecuada de conocimiento. Esto sólo se puede conseguir mediante observaciones de gran



Ubicación del Observatorio de Indonesia, en Bukit Koto Tabang

calidad, elegidas estratégicamente, y mediante las investigaciones basadas en ellas, lo que implica la necesidad de un sistema adecuado de observación del medio ambiente.

Basándose en la experiencia anterior de la Red de Vigilancia de la Contaminación de Fondo del Aire (BAPMoN) y del Sistema Mundial de Observación del Ozono (SMO₀₃), así como en el deseo de asegurar una amplia participación de la Organización en la planificación y en la dirección de la vigilancia y la investigación citadas, la VAM está evolucionando como una red coordinada de estaciones de observación a largo plazo y de instalaciones asociadas, cuya infraestructura lleva consigo medidas y las actividades de la correspondiente evaluación científica. Su objetivo general es proporcionar información básica de calidad reconocida acerca del medio ambiente atmosférico, que supere los temas específicos.

Las reuniones se han celebrado para proporcionar foros de comunicación e interacción entre los diversos programas, organizaciones y particulares que trabajan en la vigilancia atmosférica mundial. Las reuniones han servido para definir un programa de medidas, para determinar las ubicaciones claves para estaciones nuevas o mejoradas y para acordar la infraestructura necesaria. El resultado ha sido una configuración que requiere más de 30 estaciones mundiales localizadas en lugares destacados y de 200 a 300 estaciones regionales para caracterizar la calidad del medio ambiente regional lejos de las fuentes de contaminación directa.

En todas estas actividades se ha subrayado que la responsabilidad de la explotación de las estaciones de vigilancia recae claramente en los países participantes (los Miembros de la OMM) y que el papel de la Secretaría de la OMM es facilitar y coordinar las actividades de vigilancia y las evaluaciones científicas, así como supervisar de manera continuada la operación de las redes que la componen.

Bajo el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, seis nuevas estaciones de la VAM se encuentran en diversos estados de desarrollo. Estas incluyen Tamanrasset/Assekrem (Argelia); Ushuaia

(Argentina); Natal (Brasil); Monte Waliguan (China); Monte Kenia (Kenia) y Bukit Koto Tabang (Indonesia). En una sección posterior de este artículo hay una descripción de la inauguración oficial del observatorio de China. Las medidas han comenzado en Argelia, Argentina, China e Indonesia, aunque limitadas a algunas ubicaciones.

Otras estaciones han sido o están siendo consideradas estaciones observatorio tipo de importancia mundial. Estas incluyen: Hohenpeissenberg-Wank-Zugspitze (Alemania), Alert (Canadá), Ryori (Japón) e Izaña (Tenerife, España). Nuevas estaciones de este tipo y en diversos estados de desarrollo incluyen Pallas-Sodankyla (Finlandia) y la isla Minamitorishima (Japón). En este grupo también se incluirá Punta del Cabo (Sudáfrica). Estas estaciones enlazarán con las ya existentes para llevar a cabo una gama completa de medidas relativas al cambio climático, al cambio en el ozono atmosférico y a otros temas ambientales de escala mundial. Específicamente, miden los gases invernadero, el ozono, la radiación y el espesor óptico, la química de la precipitación, las propiedades químicas y físicas de los aerosoles, los gases reactivos, los radionucleidos y los parámetros meteorológicos asociados. Las estaciones mundiales actúan también como referencia para las redes regionales y tienen o tendrán instalaciones para acoger a los científicos visitantes.

Se han creado nuevas estaciones regionales en: Hurghada (Egipto); Firoos-Kuh (Irán); Oshogbo (Nigeria) y Quetta (Pakistán). Estas estaciones aumentan las existentes con programas de medidas diseñados para satisfacer las necesidades regionales y permitir la participación de todos los Miembros contando con las necesidades y experiencia de los países. Las medidas esenciales pueden incluir medidas del ozono troposférico, de la química de la precipitación, de la radiación solar, del monóxido de carbono, de las propiedades de las partículas y de la radiación ultravioleta.

Paralelas a estas actividades de vigilancia están las medidas para asegurar la calidad (QA) de los datos obtenidos. Se ha diseñado un potente sistema de gestión; los datos archivados serán defendibles científicamente y de calidad reconocida.

La OMM ha establecido un programa único con una estructura de gestión de QA y con procedimientos de QA que se ajustan a sus necesidades y a la cualificación de la comunidad científica de las diversas naciones que participan en la VAM. Los objetivos de calidad de los datos se definen en función de la exactitud, la precisión, la integración, la comparabilidad y la representatividad. Se han considerado también medidas de control de calidad (QC) para reducir las posibilidades de error, incluyendo los aspectos relativos a la formación. El resultado es que, para quienes hacen la política pública, son esenciales datos técnica y científicamente fidedignos. Los cimientos de este aspecto de la VAM son los Centros de Actividad Científica para Asegurar la Calidad (QA/SAC) que se están estableciendo en Alemania para las Regiones I (Africa) y VI (Europa), y en Japón para las Regiones II (Asia) y V (Sudoeste del Pacífico). Los EE.UU. están considerando la creación de un QA/SAC para las Regiones III (América del Sur) y IV (América del Norte y América Central).

La función general de los QA/SAC es proporcionar a la OMM la ayuda constructiva y las comunicaciones necesarias para mantener una calidad uniforme y reconocida de los datos del programa de la VAM. Los QA/SAC facilitarán la transferencia de conocimientos, de experiencia y de calificación técnica dentro de la red para asegurar las prácticas comunes, y también servirán como enlace esencial entre las distintas estaciones y los centros mundiales de datos de la OMM responsables del archivo de los mismos.



Toma de las primeras medidas de precipitación en Bukit Koto Tabang, Indonesia

Mediante sus países Miembros, la OMM mantiene cinco centros mundiales de datos. Dos de estos centros se establecieron desde el comienzo de la VAM y un tercero se ha ampliado para incluir los datos relacionados: el Centro de Colaboración de la OMM sobre los Datos de Contaminación de Fondo del Aire, del Parque Triangular de Investigación de los EE.UU. (a reubicar); el Centro Mundial de la OMM de Datos del Ozono y de la Radiación Ultravioleta, en Toronto, Canadá (ampliado); el Centro de la OMM de Datos de Radiación, en San Petersburgo, Rusia; el Centro Mundial de la OMM de Gases Invernadero, en Tokio, Japón (nuevo) y el Centro Mundial de la OMM de Datos de Aerosoles, en Ispra, Italia (nuevo).

En otras actividades paralelas se han hecho grandes trabajos para desarrollar un potente y amplio programa internacional de vigilancia de los aerosoles, que proporcionará observaciones fidedignas y a largo plazo de los parámetros de los aerosoles. Durante diversas conferencias periódicas patrocinadas por la OMM se ha alentado la normalización de la medida del CO_2 . Se sigue trabajando en la elaboración y la aplicación de modelos matemáticos para el transporte, la transformación y el depósito de varios componentes atmosféricos potencialmente perjudiciales. El estudio continuado del transporte atmosférico de contaminantes y de su intercambio entre el aire y el mar, ha hecho que por primera vez fuera posible realizar estimaciones cuantitativas de los flujos atmosféricos de algunas especies en trazas hacia el medio ambiente marino. Se están realizando y ampliando las acciones para medir y evaluar los gases invernadero, como el metano, ya que la VAM desempeñará un papel importante en el conocimiento y la predicción del cambio mundial durante los próximos decenios, como se solicitó en la Agenda 21, adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. La OMM, en colaboración con la OMS, ha iniciado también la investigación de la radiación ultravioleta, a fin de elaborar unos requisitos mínimos para normalizar el índice de la radiación UV y organizar estaciones de la VAM de vigilancia mundial de la radiación UV.

Ya están claras las aplicaciones de estos datos de la VAM; un ejemplo lo constituye el estado de la capa de ozono. Los primeros indicios de la disminución de la capa del ozono surgieron del SMO_3 de la OMM. Como el ozono se consideró un componente de la VAM, se han hecho valoraciones periódicas de la situación*, como se solicitó en el Protocolo de Montreal. Se acaban de publicar cuatro de estos grandes trabajos, en los que han participado cientos de científicos. Además, desde la primavera austral de 1991, la OMM, a

* Véase en este número "La evaluación internacional del ozono 1994", páginas 42 a 50 (Ed.)

través de la VAM, ha editado boletines periódicos sobre el estado de la capa de ozono por encima de la Antártida, usando los datos de ozono en tiempo casi real de estaciones terrestres y de satélite. La OMM ha preparado también informes y boletines especiales sobre la capa de ozono durante los inviernos del hemisferio norte, empezando por el invierno de 1991/1992. A petición, ambas actividades han pasado a ser, actualmente, acontecimientos anuales.

De todo lo expuesto, resulta evidente que la OMM está en vanguardia de las actividades transcendentales relativas a la composición química de la atmósfera y a las características físicas afines.

Inauguración oficial en China de un Observatorio Base de Vigilancia de la Atmósfera Mundial

Mucho antes de que "el aumento del efecto invernadero" o "el agujero del ozono" fuesen de dominio público, la Organización Meteorológica Mundial había reconocido la importancia potencial de estos temas para el futuro bienestar de la humanidad. En los años 50 se creó el SMOO₃, y unos 10 años después la BAPMoN. A finales de los años 80, la OMM intensificó más sus actividades mundiales de vigilancia del medio ambiente y de evaluación de sus datos, y reunió sus muchas responsabilidades relacionadas con la medida de la composición atmosférica mediante la creación de la

VAM, de la que son componentes principales el SMOO₃ y la BAPMoN. Las decisiones políticas vitales tanto a nivel nacional como internacional, que afectarán al medio ambiente atmosférico en el próximo siglo, dependerán mucho de las observaciones realizadas en este marco.

Un componente crucial de la VAM es una red de unas pocas estaciones base (o mundiales), diseñada para vigilar la atmósfera de fondo, no contaminada por fuentes locales o regionales. Aunque algunas se han creado bajo la BAPMoN, todavía hay lagunas importantes en esta red vital. Con el compromiso creciente de la comunidad mundial de atender a los temas ambientales críticos, en especial después de la Conferencia de la ONU sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de junio de 1992, se están tomando iniciativas especiales en la VAM para rellenar estas lagunas recurriendo a alentar a algunas estaciones ya existentes para que amplíen sus programas y a crear nuevas estaciones en ubicaciones clave.

La OMM ha sido designada organismo ejecutor de un proyecto de muchos millones de dólares financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, que pretende establecer seis estaciones mundiales de la VAM en regiones consideradas primordiales para que una red sea adecuada.

La primera de las seis estaciones, el Observatorio Base de la Vigilancia de la Atmósfera Mundial en China, se inauguró oficialmente el 17 de sep-



Monte Waliguan, China, 17 de septiembre de 1994 – Inauguración oficial del observatorio mundial de la VAM



Nuevo purificador de agua en el observatorio del monte Waliguan

tiembre de 1994. La estación, una de las primeras en el interior de un continente, está situada a $36^{\circ} 27' N$ y $100^{\circ} 90' E$, sobre el monte Waliguan, en las estribaciones tibetanas de la provincia de Qinghai y a 3 816 m de altitud.

Esta ubicación se eligió en 1990, tras amplios estudios de expertos chinos y extranjeros. Desde entonces se han hecho programas piloto de vigilancia de componentes atmosféricos clave, se ha construido un edificio impresionante, se han instalado los principales equipos y medios y se ha nombrado al personal técnico y científico.

La financiación del Fondo Mundial para el Medio Ambiente se está empleando en proporcionar los sofisticados equipos de medida, así como en



Personal del QA/SAC y un observador conversando sobre los procedimientos de calibración para las medidas del ozono en superficie

formar técnicamente a los operadores y científicos que se ocuparán de interpretar las observaciones y de mantener el elevado nivel científico que se requiere. El gobierno de China, a través de su Servicio Meteorológico, es responsable de proporcionar los edificios, las instalaciones, el personal y los costes operativos para asegurar que los trabajos de toma de los datos se mantengan en un nivel alto durante muchos años. Este compromiso es una contribución importante a la vigilancia del medio ambiente en beneficio, no sólo de China, sino de todas las naciones.

Por medio de acuerdos de hermanamiento para ayudar en este proyecto, algunos Miembros con experiencia en la vigilancia de base, incluyendo Australia, Canadá y los EE.UU., están proporcionando expertos para orientar y ayudar en la puesta en marcha de la estación y en su operación inicial.

A la ceremonia de inauguración del Observatorio asistieron el Sr. E. H. Al-Majed, Director de la Oficina Regional de la OMM para Asia y el Sudoeste del Pacífico, en representación del Secretario General, y el Sr. J. R. Lincoln en representación del PNUD. También asistieron el Sr. B. Mendonca, del Laboratorio de Vigilancia y Diagnóstico del Clima, y el Dr. H. C. Martin, del Servicio del Medio Ambiente Atmosférico, representando, respectivamente, a los Representantes Permanentes de los EE.UU. y de Canadá. El Sr. P. G. Price representó al Dr. J. W. Zillman, Representante Permanente de Australia. También estuvieron presentes el Dr. J. M. Miller, Jefe de la División de Medio Ambiente de la OMM, y los Drs. W. Junkermann y L. Martini, del Centro de la OMM de Actividad Científica para Asegurar la Calidad, sito en Alemania.

Los anfitriones fueron los Sres. Li Hiang, Director Adjunto del Servicio Meteorológico de China, y Xu Jianwei, Director de la Oficina Meteorológica de Qinghai. También estuvieron presentes representantes de muchos de los organismos nacionales que participaron en la planificación y la creación de la estación.

Todos los visitantes obtuvieron una grata impresión de la estación, de las instalaciones y del personal. El Observatorio Base de la VAM en China contribuirá indudablemente a mejorar nuestro conocimiento de las causas y los efectos de los cambios de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera.

Cursos regionales de formación profesional de la VAM

Para conseguir los fines de la VAM, es necesario que los Miembros participantes, o los que piensen participar, tengan la adecuada formación profesional en todos los aspectos del programa. Por lo tanto, se ha organizado una serie de cursillos prácticos de formación profesional y dos de ellos



Buenos Aires, Argentina, mayo de 1994 – Participantes en el cursillo práctico interregional de formación profesional en la Vigilancia de la Composición de Fondo de la Atmósfera y la Operación de las Estaciones de la VAM

se han celebrado recientemente; uno para América del Sur y el otro para Asia y Oceanía.

Del 7 al 13 de mayo de 1994, se celebró en Buenos Aires, Argentina, el cursillo práctico interregional de formación profesional en la Vigilancia de la Composición de Fondo de la Atmósfera y la Operación de las estaciones de la VAM; atrajo a 44 participantes. Y en Beijing, China, del 12 al 16 de septiembre, 31 participantes asistieron al cursillo práctico interregional de la OMM (AR II y AR V) sobre la Composición de Fondo de la Atmósfera y la Operación de las Estaciones de la VAM (véanse las fotografías de esta página). En ambos acontecimientos se pronunciaron conferencias que trataron de todos los aspectos de la vigilancia, incluyendo el asegurar la calidad de los datos, el control de calidad y los Centros de Actividad Científica para Asegurar la Calidad que está organizando la VAM.



Beijing, China, septiembre de 1994 – Participantes en el Cursillo práctico interregional de la OMM (AR II y AR V) sobre la Composición de Fondo de la Atmósfera y la Operación de las Estaciones de la VAM

INTEGRACION DE LOS DATOS METEOROLOGICOS, HIDROLOGICOS Y AMBIENTALES

*Por Ian C. STRANGEWAYS**

La red meteorológica de obtención de datos

Como lo demuestran los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) de todo el mundo, la meteorología se ocupa, casi exclusivamente de la predicción del tiempo, preferentemente para servicios como el aeronáutico o el marítimo. Con este fin se ha desarrollado una red mundial de estaciones de observaciones, manuales en su mayoría, cuyos datos se distribuyen a todos los SMN a través del Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT). Es comprensible que esto

sea necesario; los fenómenos meteorológicos tienen lugar a gran escala y cruzan las fronteras nacionales. Considerando las diferencias políticas y nacionales del mundo, este intento de cooperación es todo un logro. Este acuerdo dista de ser perfecto: la normalización en instrumentación está lejos de ser completa. Por ejemplo, los pluviómetros son tan diferentes de un país a otro que es imposible comparar las cantidades de precipitación en todo el mundo sin recurrir a "factores de corrección", en un intento de

* TerraData, Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido