

tempestad, dejó a millones de personas sin hogar y sin comida y se perdieron al menos 10 000 vidas.

En Venezuela, la precipitación torrencial de diciembre sobre las costas causó inundaciones severas y mortales desprendimientos de tierras. Se estima que entre 400 000 y 600 000 personas se quedaron sin hogar, alimentos y agua potable. Las agencias humanitarias estimaron que perecieron entre 20 000 y 50 000 personas, más del doble de los muertos de 1998, cuando el huracán *Mitch* azotó América Central. Muchas zonas de Colombia sufrieron inundaciones y corrimientos de tierra en la última parte del año.

La temporada de huracanes del Atlántico de 1999 fue activa, con doce tormentas con nombre propio. Ocho se convirtieron en huracanes, de los cuales cinco se convirtieron en huracanes intensos, el mayor número anual del que se tiene constancia (el promedio anual del período 1950-1990 es de 9,3 tormentas con nombre propio, de las cuales 5,8 se convirtieron en huracanes y 2,2 se convirtieron en huracanes intensos). Sólo una de estas doce tormentas se formó antes del 19 de agosto. El huracán *Floyd*, el quinto huracán que afectaba la costa de Carolina del Norte en tres años, se produjo en septiembre con intensas precipitaciones, ocasionando inundaciones extremas. Las estimaciones preliminares de daños excedían de 6 000 millones de \$ EE. UU.

Lluvias persistentes durante todo octubre a lo largo de la costa del Golfo de México ocasionaron cientos de muertes y dejaron sin hogar a más de 200 000 personas. En enero se observaron más de 200 tornados atravesando los EE. UU., casi 14 veces más que el número medio. En mayo, una serie de potentes tornados afectó a Oklahoma, Kansas y Texas, ocasionando más de 50 víctimas.

Dos ciclones tropicales (CT) de Categoría 5 tocaron tierra en el oeste de Australia: el CT *Vance* en marzo (ocasionando un nuevo récord de racha de viento sobre tierra firme en Australia de 267 km h⁻¹), y el CT *John* en diciembre. El 14 de abril, una tormenta severa de granizo ocasionó en Sidney unos daños de aproxi-

madamente 2 500 millones de \$ EE. UU. —el desastre natural que ha ocasionado más daños en la historia de Australia—. Nueva Zelanda informó de las nevadas más intensas de las que se tiene constancia en la parte occidental de Otago y en la región de los Lagos Meridionales.

En febrero, las fuertes nevadas cortaron las comunicaciones, el suministro eléctrico y el transporte en Europa central. El invierno de 1998/1999 fue testigo de algunas de las nevadas más intensas de los últimos 50 años en los Alpes, donde al menos murieron 50 personas por las avalanchas. En mayo, las fuertes lluvias y el deshielo provocaron inundaciones extremas del río Danubio y del lago Constanza, con pérdidas estimadas en 2 000 millones de \$ EE. UU.

Lluvias intensas a principios de septiembre trajeron consigo inundaciones en el este de Bulgaria, que ocasionaron grandes daños a las propiedades y la pérdida de trece vidas. Lluvias torrenciales a mediados de noviembre en el este de los Pirineos ocasionaron desprendimientos de tierra e inundaciones que produjeron más de veinte muertos en el sur de Francia.

Una serie de severas tormentas en diciembre trajo consigo las mayores velocidades de vientos jamás registradas en ciertas regiones de Europa. Se alcanzaron rachas de 185 km h⁻¹ en la isla de Rømø, en Dinamarca (el 3 de diciembre); de 173 km h⁻¹ en París-Orly, en Francia (el 26 de diciembre); de 213 km h⁻¹ en Feldberg (1 498 m), Schwarzwald, al sur de Alemania (el 26 de diciembre); y de 198 km h⁻¹ en Sant Denis d'Oleron, en Francia (el 28 de diciembre). Las tormentas ocasionaron la muerte de más de cien personas y daños estimados en miles de millones de dólares EE. UU. En Francia, durante los temporales de viento del 26 al 28 de diciembre, numerosos edificios y grandes extensiones de bosque resultaron dañados o destruidos; el transporte y el suministro energético estuvieron interrumpidos durante días en algunas regiones. El daño al sistema eléctrico francés fue tan grande que pueden pasar varios años hasta que esté totalmente restaurado.

La OMM y la vigilancia de la composición atmosférica



Introducción

Durante el siglo XX, en especial en el período posterior a la Segunda Guerra Mundial, han aumentado de for-

ma dramática los niveles de industrialización, los cambios en el uso de la tierra y el número de vehículos que circulan por las carreteras del mundo. Los benefi-

cios socioeconómicos de estos sucesos son claramente visibles en un número creciente de países. Las consecuencias medioambientales son igualmente reconocibles con muchas vías fluviales y muchos lagos contaminados, bosques dañados por la lluvia ácida, *smog* sobre muchas ciudades del mundo y advertencias de cara a la salud pública acerca de la contaminación y de los peligros de la exposición solar. Otros efectos, más insidiosos, de la industrialización pueden todavía eclipsar a los problemas obvios de contaminación "local", y tienen que ver con el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre que amenaza el delicado equilibrio radiativo entre la Tierra y el Sol a favor de un mundo marcadamente más cálido, con consecuencias impredecibles para la humanidad y para los ecosistemas.

Antecedentes de la OMM y de la vigilancia atmosférica

Aunque la OMM y su predecesora, la OMI, siempre fueron las responsables de estudiar y de vigilar los procesos atmosféricos y la composición de la atmósfera, no fue hasta finales de los años 50 cuando la Organización se embarcó formalmente en un programa de

Internacional) fue consolidada posteriormente, en 1989, en la actual Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM. La VAG es una red coordinada de estaciones de observación y de equipos afines cuyo propósito y objetivo a largo plazo es ofrecer datos, evaluaciones científicas e información adicional sobre los cambios en la composición química y las características físicas afines de la atmósfera, representativa de todas las partes del globo. Tiene que ver con la vigilancia de aquellos gases y partículas que conllevan riesgos medioambientales conocidos, tales como los gases de efecto invernadero por el posible cambio climático, los perfiles de ozono por razones tanto climáticas como biológicas, y los gases reactivos por su papel en la formación de *smog* urbano.

Los comienzos de la vigilancia atmosférica fueron dirigidos en gran medida por la curiosidad científica. Sin embargo, no pasó mucho tiempo antes de que los avances de la ciencia hicieran surgir preguntas tales como cuáles serían las consecuencias para la humanidad si continuaban los aumentos observados de numerosas sustancias químicas traza en la atmósfera. Se puede decir que el desarrollo de importantes actividades internacionales relacionadas con la protección

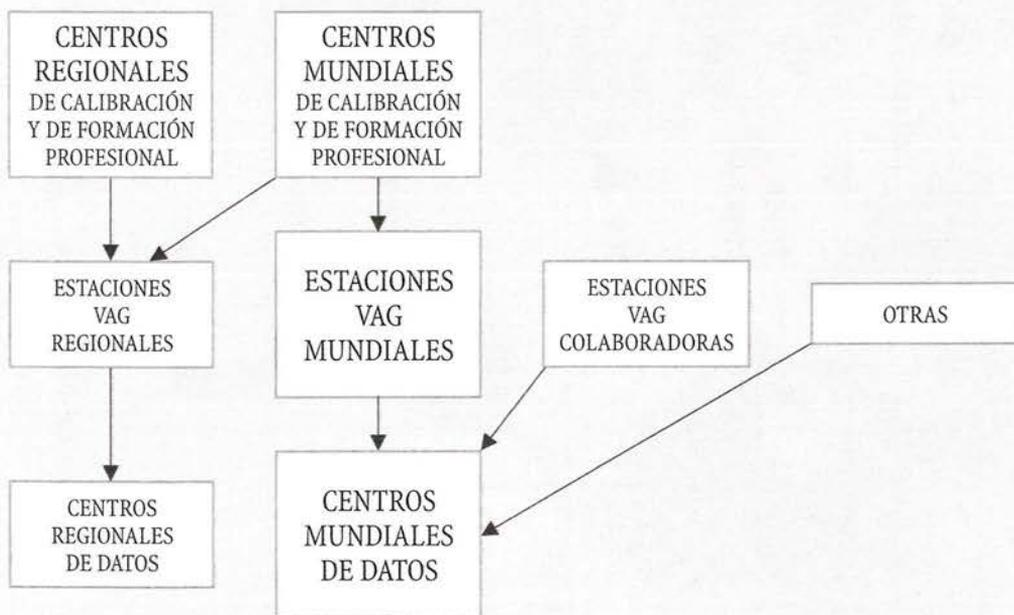


Figura 1 — La Vigilancia de la Atmósfera Global

química atmosférica y de aspectos meteorológicos de la contaminación del aire, que sigue en la actualidad. A finales de los años 60, este programa creó la Red de Vigilancia de la Contaminación de Fondo del Aire que, junto con la red mundial de vigilancia del ozono ya existente, (creada en 1957 durante el Año Geofísico

del medio ambiente empezó en 1968, cuando se pidió a las Naciones Unidas que organizara una conferencia mundial sobre los problemas internacionalmente importantes del medio ambiente humano. La conferencia tuvo lugar en Estocolmo en 1972 y llamó la atención de todo el mundo sobre los problemas a los que



Figura 2 — Red mundial de la Vigilancia de la Atmósfera Global

se enfrentaba el medio ambiente, incluida la atmósfera, debido a la rápida industrialización.

Los años 70 estuvieron marcados por numerosos problemas medioambientales: (a) la amenaza para la capa de ozono; (b) la acidificación de lagos y bosques de grandes partes de América del Norte y de Europa, originada principalmente por la transformación del dióxido de azufre en ácido sulfúrico debido a los procesos de precipitación de la atmósfera; y (c) el potencial calentamiento mundial originado por el aumento de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero (principalmente, del dióxido de carbono). Cada uno de estos problemas es ahora objeto de tratados o convenciones internacionales, cuyo desarrollo depende en gran medida de la información obtenida del programa de vigilancia de la composición atmosférica de la OMM.

El sistema de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG)

El sistema VAG consta de numerosos componentes que han sido diseñados para ofrecer información atmosférica accesible y de gran calidad tanto en el ámbito regional como en el mundial, para diversos usuarios. Estos componentes son: (a) estaciones de medida, (b) centros que aseguren la calibración y la calidad de los datos, (c) centros de datos, y (d) estructuras de vigilancia. La Figura 1 muestra los principales componentes que forman el sistema VAG.

Con respecto a (a), hay en la actualidad 22 estaciones mundiales (véase la Figura 2) situadas en lugares con aire limpio a lo largo del mundo y cuyos programas están centrados en vigilar los cambios a largo plazo de la composición de la atmósfera. Sus medidas son especialmente importantes para determinar las concentraciones de ozono y de gases de efecto invernadero. Además de estas estaciones mundiales, se han designado más de 300 estaciones de medición como estaciones VAG regionales. Los programas de estas estaciones tratan problemas tales como la formación de ozono en superficie y sus consecuencias sobre la salud, la lluvia ácida, el transporte de contaminantes desde zonas distantes y la creación de una base de datos de información mundial de aerosoles, que no existe en la actualidad. Tanto las estaciones mundiales como las regionales son propiedad de los países y de sus Servicios Meteorológicos nacionales u organizaciones científicas nacionales, que son quienes las mantienen en funcionamiento, y han sido reunidas por la OMM bajo el paraguas de la VAG. Hay más de 80 países participando activamente en la VAG. Resumiendo, las estaciones VAG se ocupan principalmente de:

- *Gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, clorofluorocarbonos (CFC) y óxido nítrico)*

Los niveles crecientes en la atmósfera de estos gases de efecto invernadero, ocasionados en gran medida por actividades humanas, están amenazando con cambiar el clima y el tiempo de la Tierra, conduciendo a un calentamiento global en el próximo siglo. Lo que hacen estos gases es atrapar la radiación de onda larga que emite la Tierra y que normalmente escaparía al espacio. La Figura 3, suministrada por el Centro Mundial de Datos de Gases de Efecto Invernadero, muestra claramente el aumento continuo de la concentración atmosférica de dióxido de carbono. Por el contrario, se estima que el nivel preindustrial era de unas 270 partes por millón.

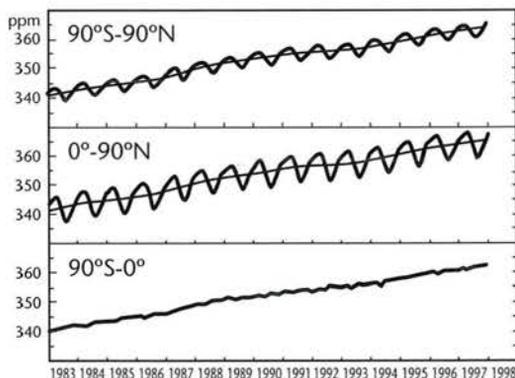


Figura 3 — Concentración atmosférica de dióxido de carbono

- *Ozono y ultravioleta*

Las principales concentraciones de ozono atmosférico pueden encontrarse en la "capa de ozono" a unos 20 km de altitud sobre la Tierra. Esta capa absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta emitida por el Sol. Los niveles de ozono están disminuyendo como resultado de los productos químicos que reducen la capa de ozono, en especial los CFC utilizados en la refrigeración, los limpiadores industriales y los agentes que hinchan las espumas. Esta disminución de las concentraciones de ozono permite que alcance la Tierra más radiación ultravioleta con efectos nocivos para la biota y para el sistema inmunológico humano. El ozono en las capas bajas de la atmósfera actúa como un gas de efecto invernadero.

- *Lluvia ácida*

La lluvia ácida cae sobre muchas zonas del mundo, especialmente en Europa, América del Norte y el Lejano Oriente. Los ácidos se forman en la atmósfera por la oxidación del dióxido de azufre y de los óxidos de nitrógeno, producidos durante la

fusión de minerales y la quema de combustibles fósiles. Tales ácidos son transportados a menudo desde sus regiones de origen a cientos o miles de kilómetros de distancia, donde aumentan la acidez de los suelos, de las corrientes de agua y de los lagos, provocando serios daños a los bosques y a las poblaciones de peces.

- *Aerosoles*

Los aerosoles son pequeñas partículas, sólidas o líquidas, que se hallan suspendidas en la atmósfera. Son producidas por la actividad humana y también se generan de forma natural debido, por ejemplo, a la erosión del viento y a las erupciones volcánicas. Tienen un efecto de enfriamiento sobre el clima, ya que reflejan hacia el espacio el calor procedente del Sol y, por lo tanto, compensan algo la acción de los gases de efecto invernadero. En grandes concentraciones pueden tener consecuencias sobre la salud humana.

- *Transporte de largo alcance*

Muchos contaminantes atmosféricos, en particular aquellos que se presentan en forma de aerosol, pueden ser transportados a grandes distancias. Estos contaminantes caen finalmente a la Tierra en forma de lluvia ácida, mientras que otros, igualmente nocivos para los seres vivos y para la biota, se depositan sobre la superficie terrestre a miles de kilómetros de su lugar de origen. La VAG vigila estas formas de contaminación y también facilita la investigación y la aplicación de los modelos matemáticos de su transporte.

- *Gases reactivos y el medio ambiente urbano (monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno)*

Estos gases son importantes: influyen en la química de los gases de efecto invernadero y son gases contaminantes por derecho propio. Tanto el dióxido de azufre como los óxidos de nitrógeno reaccionan con la luz solar y desempeñan papeles de importancia crucial en la presencia de *smog* urbano y al determinar las concentraciones asociadas de ozono en superficie.

Las estaciones de la VAG miden sólo la composición de la atmósfera en el lugar en que están situadas. Las observaciones espaciales ofrecen la única manera de alcanzar una cobertura verdaderamente global y homogénea de la atmósfera aunque su uso se ve acompañado de algunas desventajas. Por ejemplo, la resolución horizontal tiende a ser baja. Aunque se pueden medir los perfiles verticales de la atmósfera, todavía no se pueden obtener desde el espacio, especialmente en la troposfera, todas las sustancias químicas de interés para la

VAG; el ozono constituye una importante excepción. Los planes futuros reclaman una colaboración mucho más estrecha entre la VAG y los operadores de satélite con el objetivo de integrar las medidas de satélite en el sistema de información de la VAG y, al mismo tiempo, influir en las plataformas de medida que llevarán los futuros satélites. Ofrecer validación desde tierra de las observaciones espaciales seguirá siendo una función vital de la VAG.

De forma similar, otras medidas a largo plazo de la composición atmosférica, tales como las de la Red para la Detección del Cambio Estratosférico y las de la Red de Radiación Superficial de Base del Programa Mundial de Investigación del Clima, necesitan mayor integración con los resultados de las estaciones mundiales de la VAG, al igual que las de las redes regionales adecuadas tales como el Programa Ártico de Vigilancia y Evaluación, el Programa Europeo de Vigilancia y Evaluación y la Red de Vigilancia de Asia Oriental.

Por lo que respecta a la calibración y a la garantía de la calidad de los datos, estos 15 centros, con responsabilidad regional o mundial, realizan la importante función de asegurar que el dato obtenido en los lugares de medida tenga una calidad lo suficientemente alta como para que sea útil a la investigación científica y creíble para los gobiernos. Llevan a cabo esta función a través de una combinación de instrumentos de calibración en las estaciones haciendo comparaciones entre instrumentos de distintas estaciones, ofreciendo formación profesional *in situ* a los operadores, e identificando los datos dudosos. Varios Miembros de la OMM han creado los Centros Mundiales de Calibración de la VAG para realizar las siguientes medidas:

- Profundidad óptica de aerosoles, dióxido de carbono, monóxido de carbono.
- Distribución de ozono, química de la precipitación, radioactividad.
- Ozono en superficie, columna total de ozono y radiación solar.

Centros Mundiales de Datos

No hace falta mencionarlo, pero la información atmosférica elaborada cada día del año por las estaciones VAG sería tan sólo de interés local si no fuera por la existencia de seis Centros Mundiales de Datos. Estos Centros, que dirigen los gobiernos anfitriones bajo el paraguas de la VAG, recogen, documentan, archivan y hacen que estén disponibles, para la comunidad científica mundial, las medidas atmosféricas y los metadatos asociados de la red VAG. Los Centros no sólo proporcionan este servicio central, ofrecen otros produc-

tos de valor añadido tales como análisis, resúmenes y catálogos. A continuación se dan unas breves presentaciones de ellos.

El Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero

El Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (WDCGG) fue creado por el Servicio Meteorológico Japonés (JMA) en Tokio, en octubre de 1990, para recoger y distribuir datos sobre las concentraciones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , CFC , N_2O , etc.) y gases afines (CO , NO_x , SO_2 , VOC , etc.) de la atmósfera y del océano.

El WDCGG recoge datos de la red de observación de la VAG y también de organizaciones de investigación y de estaciones de muestreo del programa de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los EE. UU.

Los colaboradores de datos entregan los mismos en disquete o en hojas cifradas o vía FTP, de acuerdo a un formato prescrito. En febrero de 2000, 182 estaciones de 42 países entregaron al WDCGG datos de observaciones de 13 clases de gases de efecto invernadero y de gases afines. El WDCGG publica periódicamente el Informe de Datos del WDCGG de la OMM, el CD-ROM del WDCGG de la OMM, el Catálogo de Datos del WDCGG de la OMM y el Resumen de Datos del WDCGG de la OMM.

El Informe de Datos presenta medias mensuales y anuales y el CD-ROM contiene medias horarias, diarias, mensuales y anuales de concentraciones de gases de efecto invernadero y afines. También se graba información sobre personas de contacto, métodos de medida y calibración en las estaciones de observación. Además de versiones impresas y en CD-ROM, se introducen transferencias de ficheros FD, MT y FTP para la entrega de datos. El Catálogo de Datos ofrece un índice con los datos existentes, junto con procedimientos para acceder a los mismos. También incluye información sobre el medio ambiente de las estaciones, procedimientos de medida y técnicas de calibración. El Resumen de Datos está diseñado para describir resultados analíticos sobre las condiciones pasadas y presentes de las concentraciones de gas a escalas local, regional y mundial (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcdg.html>).

El Centro Mundial de Datos sobre el Ozono y la Radiación Ultravioleta

El Centro Mundial de Datos sobre el Ozono y la Radiación Ultravioleta (WOUDC) está dirigido por la División de Estudios Experimentales del Servicio Meteorológico de Canadá (MSC) de Toronto, conocido hasta hace poco como Servicio de Medio Ambiente Atmosférico, Medio Ambiente de Canadá. El WOUDC empezó como Centro Mundial de Datos sobre el Ozono (CMDO) en 1960; en junio de 1992, el MSC accedió a

una petición de la OMM para añadir datos de radiación ultravioleta al CMDO. El Centro de Datos cambió su denominación entonces a Centro Mundial de Datos sobre el Ozono y la Radiación Ultravioleta con las dos partes componentes: el CMDO y el Centro Mundial de Datos sobre la Radiación Ultravioleta (WUDC).

El CMDO maneja un archivo científico y una base de datos que ofrece diversos conjuntos de datos de ozono a la comunidad científica internacional. Ahora hay representadas en el archivo 400 estaciones registradas, algunas de las cuales tienen más de 40 años de datos continuos. Los conjuntos de datos incluyen columna total de ozono, ozono en superficie, datos del perfil vertical obtenidos en vuelos de ozonosondas, medidas lidar y la técnica de Umkehr. Los datos que residen en la base de datos deben considerarse preliminares y debería contactarse siempre directamente con los autores de los conjuntos de datos para obtener una información detallada. Los datos archivados están disponibles por acceso FTP convencional o por acceso directo desde la página *Web* de Datos del WOUDC. En la actualidad, el acceso al archivo por vía FTP convencional requiere un nombre de usuario y una contraseña, de la que se puede disponer previa petición.

El WUDC, al igual que la parte de ozono, es una base de datos y un archivo científico de datos UV de banda ancha y multibanda, de alta resolución espectral. La base de datos comenzó a recibir datos a principios de 1993. También se debe considerar preliminar el archivo WUDC y debería contactarse siempre directamente con los autores de los conjuntos de datos para obtener información detallada.

La información sobre metadatos tales como las listas y las localizaciones de las estaciones está disponible en la página *Web* del WOUDC (<http://www.msc-smc.ec.gc.ca/woudc>). Una "instantánea" de los datos que posee el WOUDC (véase la tabla de la página siguiente) ofrece una indicación del tamaño y del estado de la información generada por la VAG.

El Centro Mundial de Datos de Ozono en Superficie

El Centro Mundial de Datos de Ozono en Superficie (WDCSO3) (Kjeller, Noruega) fue creado por la 49.ª sesión del Consejo Ejecutivo de la OMM en junio de 1997 y es el más nuevo de los seis Centros Mundiales de Datos.

El objetivo y el fin a largo plazo del WDCSO3 es ofrecer a la comunidad científica internacional un archivo de calidad de medidas de ozono en superficie, principalmente de la red OMM-VAG de estaciones de vigilancia. Los conjuntos de datos de otros programas de medida y de otras campañas de medida están también incluidos en el archivo WDCSO3.

"Instantánea" del inventario de datos del WOUDC
(31 de diciembre de 1999)

Tipo de datos	Inventario de datos	Intervalo temporal
Lidar	~750 perfiles	1973 - actualidad
UV multiespectral	26 estaciones anuales	1998 - actualidad
Ozonosonda	~ 33 000 perfiles	1962 - actualidad
UV espectral	~ 250 estaciones anuales	1989 - actualidad
Ozono en superficie	~ 45 000 estaciones diarias	1973 - 1995
Ozono total	~ 43 000 estaciones mensuales	1951 - actualidad
Valores N de Umkehr	> 1 000 000 estaciones diarias	(1926 - actualidad para Arosa)
Perfiles de Umkehr	> 60 000 perfiles recuperados	1956 - actualidad

El centro de datos ha estado operativo desde agosto de 1998 como parte integral de la Base de Datos Atmosféricos para Recuperación Interactiva (NADIR) del Instituto Noruego de Investigación del Aire (NILU). Las operaciones rutinarias están financiadas completamente por el NILU.

Cada conjunto de datos del WDCSO3, que representa un período dado de medidas, consta de un encabezamiento (coordenadas de la estación, instrumentación, etc.), de los datos fundamentales (medidas meteorológicas y de ozono en superficie) y de los datos auxiliares (UV, NO_x, etc.). Mensualmente se da cuenta de los datos de las estaciones individuales, con datos revisados, según estén disponibles (<http://www.nilu.no/projects/nadir/wdcso3/wdcso3.html>).

El Centro Mundial de Datos de Radiación

El Centro Mundial de Datos de Radiación (CMDR) está situado en el Observatorio Geofísico Principal del Servicio Federal Ruso de Hidrometeorología y de Vigilancia Medioambiental de San Petersburgo, en la Federación Rusa.

El CMDR fue creado de acuerdo a la Resolución 31 de la decimoctava sesión del Comité Ejecutivo de la OMM, en 1964. Recoge, archiva y publica, de forma centralizada, datos radiométricos con objeto de asegurar que la comunidad científica internacional pueda disponer de ellos para fines de investigación. Edita un boletín periódico titulado *Solar Radiation and Radiation Balance Data: The World Network (Datos de radiación solar y de balance de radiación: la Red Mundial)*.

El CMDR procesa datos de radiación solar que le suministran de forma ordinaria más de 500 estaciones situadas en 56 países y maneja un archivo con más de 1 200 estaciones incluidas en su catálogo. El archivo del CMDR contiene las siguientes medidas (obsérvese que no todas las observaciones se llevan a cabo en todas las estaciones que suministran datos): radiación solar global; radiación solar difusa; radiación atmos-

férica descendente; duración de la insolación; radiación solar directa (horaria e instantánea); radiación total neta; radiación superficial terrestre neta (ascendente); radiación terrestre superficial; radiación solar reflejada; componentes espectrales de la radiación (flujos instantáneos).

En la actualidad, los datos recientes y actuales pueden verse accediendo a la página *Web* del CMDR (<http://wrdc.mgo.rssi.ru>). La página *Web* contiene también una lista de todas las estaciones que suministran datos. Según se van recibiendo las nuevas medidas desde los Servicios Meteorológicos nacionales en forma de papel, en cinta magnética o electrónicamente, el CMDR lleva a cabo una prueba para asegurar la calidad final antes de añadir las al archivo.

El Centro Mundial de Datos de Química de la Precipitación

Originariamente, la Agencia de Protección Medioambiental de los EE. UU. tomó la responsabilidad de la química de la precipitación y se encargó del programa hasta 1994. Después se transfirió la responsabilidad al Centro de Investigación de Ciencias Atmosféricas (ASRC) de la Universidad Estatal de Nueva York en Albany y está financiada por numerosos organismos de los EE. UU.

El Centro de Datos es responsable de documentar, archivar y hacer que estén disponibles los datos sobre los componentes químicos de la precipitación que se han recogido en cientos de estaciones de todo el mundo. Numerosos laboratorios colaboradores, que trabajan dentro de estrictas líneas maestras y de normas desarrolladas dentro de la VAG, determinan la composición química precisa de cada muestra.

Se analiza en las muestras un gran número de componentes químicos, algunos de los cuales determinan su acidez o su alcalinidad. De forma específica, los componentes químicos de interés son: sodio, potasio, magnesio, calcio, fluoruro, cloruro, bromuro, amonio, nitrato, sulfato, azufre, fosfato tribásico,

mercurio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc, fósforo, yodo, nitrito y sulfito (<http://marble.asrc.cestm.albany.edu/qasac/data.html>).

El Centro Mundial de Datos de Aerosoles

El papel del Centro Mundial de Datos de Aerosoles (WDCA), que dirige el Centro de Investigación Conjunta de la Unión Europea, es el de archivar tanto las observaciones relacionadas con aerosoles efectuadas en la VAG como otras medidas pertinentes relativas a aerosoles, con el fin de convertirse en el punto focal de los usuarios científicos de estos datos. La componente de la VAG relacionada con los aerosoles es una novedad reciente.

Se han recomendado las siguientes series de medidas de aerosoles para las estaciones VAG regionales y mundiales, aunque las estaciones no tienen la obligación de realizarlas todas.

Parámetros de aerosoles que se recomienda medir en estaciones regionales:

- Profundidad óptica multiespectral del aerosol.
- Masa, preferiblemente en dos fracciones de tamaño (ó 10 μm ambiente y 1 μm seco, ó 10 μm ambiente y 2,5 μm ambiente).
- Los componentes químicos principales para las dos fracciones de tamaño indicadas anteriormente.
- El coeficiente de dispersión de la luz (nefelimetría).

Parámetros de aerosoles que se recomienda medir en estaciones mundiales:

- Profundidad óptica multiespectral del aerosol.
- Masa en dos fracciones de tamaño (ó 10 μm ambiente y 1 μm seco, ó 10 μm ambiente y 2,5 μm ambiente).
- Los componentes químicos principales para las dos fracciones de tamaño indicadas anteriormente.
- Dispersión y retrodispersión hemisférica para distintas longitudes de onda (3 ó 4).
- Coeficiente de absorción de la luz.
- Concentración numérica de aerosoles.
- Núcleos de condensación de nube para una sobresaturación del 0,5 por ciento.
- Radiación solar difusa, global y directa. (El Centro Mundial de Datos de Radiación archivaba estas medidas y lo seguirá haciendo).

Observaciones intermitentes

- Distribución por tamaños de aerosoles.
- Composición química detallada fraccionada por tamaños.

- Dependencia del tamaño de la humedad relativa.
- Espectros de los CCN para distintas sobresaturaciones.
- Distribuciones verticales de las propiedades de los aerosoles.

Muchas estaciones hacen solamente una o dos de estas observaciones. En la actualidad, el WDCA está concentrando sus esfuerzos en crear los archivos de composición química, propiedades ópticas de los aerosoles y concentraciones de CN, ya que son los más numerosos (<http://rea.ec.jrc.it/~wilson/wdca/wdca.htm>).

Acciones futuras

La mejor forma de describir el estado actual de la vigilancia de la composición atmosférica dentro de la OMM es como un trabajo en marcha. Es necesario ampliar la cobertura mundial de estaciones en todos los biomedios principales de la Tierra. Además, son necesarios la buena voluntad y el apoyo continuados por parte de los gobiernos que tienen a su cargo estaciones de la VAG, centros de datos y de calibración, mientras la OMM sigue facilitando y coordinando su funcionamiento y las necesidades fundamentales de formación profesional.

Entre las actividades futuras para consolidar la VAG se incluyen las siguientes:

- Adquisición y distribución de datos de calidad alta y conocida a través de la aceptación y la puesta en marcha de procedimientos de control de calidad consistentes y de un mayor uso de Internet.
- Mejora y ampliación de la red de medidas estabilizando las operaciones de las estaciones actuales, ampliando selectivamente las capacidades de medida y añadiendo estaciones en biomedios y regiones del mundo seleccionados, con poca o ninguna cobertura.
- Aumento de las capacidades de los operadores, los técnicos y los científicos de las estaciones de los países en vías de desarrollo a través de formación profesional *in situ*, seminarios y formación profesional internacional avanzada.
- Aumento de los esfuerzos de la VAG en el medio ambiente urbano, la quema de biosfera, los aerosoles, los contaminantes orgánicos persistentes y los metales pesados.
- Ampliación de la base de usuarios de datos de la VAG dentro de la comunidad científica.
- Desarrollo de la VAG en una red mundial de observación tridimensional integrando observaciones de superficie, de avión, de satélite y otras por teledetección para la vigilancia en tiempo real.