

Agujero de ozono antártico

Un análisis exhaustivo de las medidas integradas de tierra y de satélite en el Antártico y en sus proximidades demostró que el tamaño máximo del agujero de ozono de 2003 (28 millones de km²), alcanzado a finales de septiembre, igualó el tamaño récord de todos los tiempos del que se informó en septiembre de 2000. Esto contrasta brutalmente con el agujero de ozono de 2002, que se rompió en dos a finales de septiembre y fue el más pequeño durante más de una década. Como sucedió en 2000, el agujero de ozono de 2003 se disipó más pronto que de costumbre.

Las variaciones de tamaño, profundidad y persistencia del agujero de ozono se deben a los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas en la baja estratosfera del Antártico, más que a los cambios en la cantidad de sustancias que agotan el ozono presentes en la capa de ozono. Las medidas muestran que

la mayor parte de estas sustancias están disminuyendo en la baja atmósfera y que parecen haber alcanzado su máximo en la capa de ozono de importancia crítica de la estratosfera. Hay un retraso en la limpieza de estas sustancias de la capa de ozono; se espera que haga falta décadas para que la estratosfera vuelva a las condiciones anteriores al agujero de ozono.

Hielo marino ártico

La extensión del hielo marino del hemisferio norte era en septiembre de 2003 de 5,4 millones de km², lo que casi es tan poco como el récord mínimo de 5,3 millones de km² de septiembre de 2002 (la vigilancia por satélite empezó en 1973, con observaciones continuas de satélite a partir de 1978). La baja extensión del hielo marino observada en los últimos años es consistente con los nuevos análisis de datos de satélites, que muestran que la región ártica se calentó de manera importante en la década de 1990, comparada con la de 1980.

Observaciones meteorológicas en la era de la información

Introducción

En el Decimocuarto Congreso Meteorológico Mundial se destacó que la OMM debería esperar que los próximos años sean de un avance tecnológico todavía más rápido y que también cabría esperarse que se requieran nuevas necesidades a los sistemas básicos de la VMM mediante programas científicos de la Tierra más integrados. El sistema flexible y en evolución que se concibió originalmente tendrá que ajustarse de manera continua para acomodarse a las nuevas demandas de la era de la información. Ciertamente, el desarrollo de un nuevo sistema compuesto de observación con la introducción de nuevas tecnologías constituye una de las principales empresas que ha puesto en marcha la Comisión de Sistemas Básicos de la OMM y que han apoyado todos los Miembros.

Nuevo sistema compuesto de observación

La creación de un nuevo sistema compuesto de observación, como parte de la modernización global de la VMM, está motivada en gran medida por la necesidad de satisfacer las necesidades de observaciones de los Programas de la OMM en la primera parte del siglo XXI. Las necesidades se revisan de manera continua en el contexto del plan a largo plazo de la Organización. Entre ellas se incluyen la necesidad de mejorar

las predicciones meteorológicas para mitigar los desastres naturales que se producen como resultado de tormentas violentas, crecidas y sequías, sobre todo a la luz de las crecientes pérdidas económicas asociadas; predicciones de la variabilidad climática y del clima interanual y proyecciones del cambio climático. Unas mejores capacidades de predicción beneficiarán a otros Programas interesados en el aumento vertiginoso de la población mundial y la seguridad alimentaria asociada, la disponibilidad de agua dulce y el desarrollo sostenible; las necesidades energéticas mundiales; y la degradación de la calidad del medio ambiente, incluido el medio ambiente urbano.

Para satisfacer estas necesidades, el nuevo sistema compuesto de observación de la VMM debería:

- Ser fiable y capaz de atender las necesidades a largo plazo de los Programas de la OMM relacionados y de una gran variedad de objetivos y usos en las primeras décadas del siglo XXI.
- Abarcar de manera adecuada zonas oceánicas y con escasez de datos.
- Facilitar las nuevas tecnologías a un coste razonable, de forma que todos los países Miembros puedan mantener y aplicar de manera satisfactoria sus componentes nacionales del sistema y beneficiarse de ellas de manera sostenible e independiente.

- Permitir la disponibilidad de los datos y la accesibilidad a los mismos en el contexto de la Resolución 40 del Duodécimo Congreso Meteorológico Mundial (Resolución 40 (Cg-XII)), incluidos los datos con fines de investigación operativa y de enseñanza.

Dicho sistema mundial debería facilitar el fortalecimiento de la cooperación en los ámbitos nacional, regional y mundial entre los países y entre las organizaciones interesadas de las Naciones Unidas y las organizaciones no gubernamentales. Por último, a medida que se introduzcan las nuevas tecnologías, el nuevo sistema debería permitir superposiciones parciales para permitir una transición tranquila de todos los países Miembros de la OMM del sistema viejo al nuevo.

Se espera que las componentes iniciales de dicho sistema incluyan:

- Una red ligeramente reducida de estaciones de radiosondas que se basen en el uso del Sistema de Posicionamiento Mundial (GPS) y mejores sensores de temperatura y de humedad.
- Un programa de información de aeronaves automático y sensiblemente mejorado que incluya observaciones desde el nivel de vuelo, y también durante el ascenso y el descenso.
- Un aumento de las observaciones de alta resolución —sobre todo en la baja troposfera— de radares, perfiladores de viento y otros sistemas terrestres de teledetección.
- Una nueva capacidad que permita el uso de datos de sondeos de la generación existente de satélites meteorológicos, sobre todo en zonas terrestres, y también una nueva generación de instrumentos con una resolución y una precisión mayores.
- Un sistema incrementado de medidas en superficie y desde satélite de compuestos químicos, tales como gases de efecto invernadero, aerosoles y ozono, como parte de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG).

Radiosondas

La red de radiosondas lanzadas en globo seguirá jugando un papel importante en el futuro sistema. El uso del GPS y de los nuevos sensores reducirá los errores de estas observaciones para que se correspondan con la precisión esperada de los modelos de predicción numérica del tiempo. Debido a las mejoras en la capacidad de predicción y en las técnicas de asimilación de datos, se espera poder utilizar un nuevo modo de observación que sugiere que, en algunos casos, se podrían hacer las observaciones de manera selectiva, en lugar de preestablecida. Las recientes mejoras de las

comunicaciones que utilizan satélites también reducirán la pérdida de datos disponibles.

Las observaciones de radiosondas en el mar podrían incrementarse mediante el aumento del número de barcos que participan en el Programa Aerológico Automatizado a Bordo de Buques (ASAP). El número de radiosondeos que se realizan en el marco del ASAP es, en promedio, de unos 5 400 anuales, en los 5 a 10 últimos años. Durante 1999 y la primera mitad de 2000, nueve países explotaron un total de 22 unidades de sondeo relacionadas con el ASAP, sobre todo en el Atlántico Norte y en el noroeste de Pacífico, aunque hubo algunas observaciones de todas las cuencas oceánicas. Ahora, el Grupo ASAP está en proceso de aplicar una serie ASAP por todo el mundo, que suministrará, en particular, los muy necesarios datos de aire en altura de las aguas del hemisferio sur.

Sistemas de aeronaves

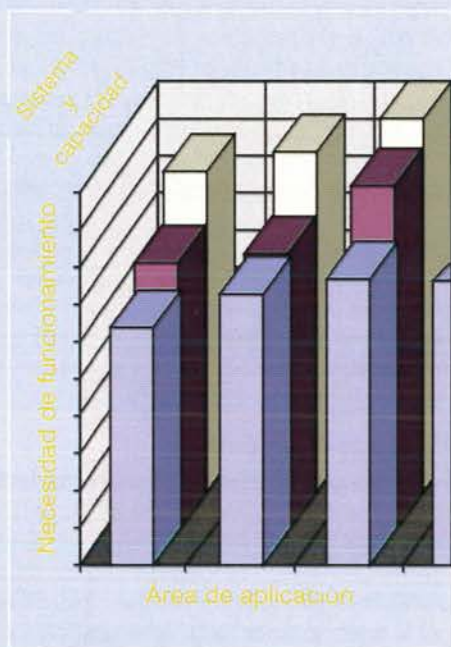
Durante varias décadas, unas 3 000 aeronaves han realizado una contribución importante a la red de observación del aire en altura, suministrando informes de presión, temperatura y vientos en el nivel de vuelo. En los últimos años se han producido rápidos desarrollos en la automatización de las observaciones y los informes de las aeronaves, conocida generalmente como AMDAR (Retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves), que puede ofrecer medidas de alta calidad del viento y la temperatura en el nivel de vuelo y también en niveles seleccionados en el ascenso y el descenso. La cantidad de datos de aeronaves ha aumentado en unas diez veces en los últimos años hasta una cifra estimada de unos 40 000 informes diarios. Estos sistemas ofrecen un gran potencial de medidas en lugares en los que hay muy pocos datos de radiosondas, o ninguno, y harán una contribución importante a la componente de aire en altura del Sistema Mundial de Observación (SMO).

Sistemas de satélite

Tal vez el desarrollo más importante en el programa de observaciones meteorológicas haya sido la contribución de los satélites meteorológicos, que constituyen el subsistema espacial del SMO, cuyo papel principal es complementar la información suministrada por el subsistema de superficie para completar la cobertura mundial. (Véase también el artículo de la página 130).

Hay dos importantes constelaciones en el SMO espacial actual. Una es la de los distintos satélites geostacionarios, que operan en una órbita ecuatorial y suministran una visión continua del tiempo atmosférico entre, aproximadamente, 70°N y 70°S. En la actualidad, hay satélites a 0° de longitud y a 63°E (explotados por la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT)), un satélite a 76°E

Los satélites son parte del Sistema Mundial de Observación



P. Manzel, Presidente del Grupo de Expertos de la CSB en Necesidades de Observación y el Rediseño del SMO

(explotado por la Federación Rusa), un satélite a 105°E (explotado por China), un satélite a 140°E (explotado por Japón) y satélites a 135°W y 75°W (explotados por los EE.UU.).

La segunda constelación del actual SMO espacial consta de los satélites de órbita polar explotados por China, la Federación Rusa y los EE.UU. El FY-1C, el tercero de la serie de satélites de órbita polar de China, ya está operativo. La Federación Rusa lleva explotando la serie METEOR-3 desde 1991. El satélite polar que explota los EE.UU. es una evolución del satélite TIROS, puesto en órbita por primera vez en abril de 1960. Los EE.UU. llevan explotando la serie actual de la NOAA, basada en el sistema TIROS-N, desde 1978. Estas naves espaciales abarcan las regiones polares que quedan fuera de la vista de los satélites geoestacionarios y vuelan a altitudes de entre 850 y 900 km.

La capacidad de los satélites geoestacionarios de suministrar una vista continua de los sistemas meteorológicos los hace sumamente valiosos para seguir el movimiento, el desarrollo y la extinción de tales fenómenos. Incluso episodios tan cortos como las tormentas violentas, con una vida de solo unas pocas horas, pueden reconocerse con éxito en su primera etapa y se pueden suministrar rápidamente al público general

alertas adecuadas sobre el lugar y la zona en los que su efecto será mayor. Por esta razón, su capacidad de alerta ha sido la principal justificación para las naves espaciales geoestacionarias. Como el 71 por ciento de la superficie de la Tierra es agua e incluso las zonas terrestres tienen muchas regiones escasamente pobladas, el sistema de satélites de órbita polar ofrece los datos necesarios para compensar las deficiencias de las redes convencionales de observación. Al volar en una órbita casi polar, la nave espacial puede tomar datos de todas las partes del globo en el curso de una serie de revoluciones sucesivas. Por estas razones, los satélites de órbita polar se utilizan sobre todo para obtener: (a) la nubosidad diaria mundial; y (b) medidas cuantitativas precisas de la temperatura superficial y de la variación vertical de la temperatura y del vapor de agua en la atmósfera. Hay una ventaja clara en la recepción de datos mundiales adquiridos por un conjunto sencillo de sensores de observación. Juntos, los satélites de órbita polar y los geoestacionarios constituyen una red de satélites meteorológicos verdaderamente mundial.

El acuerdo de la LIII reunión del Consejo Ejecutivo de ampliar la componente espacial del SMO para incluir misiones adecuadas de satélites medioambienta-

les de investigación y desarrollo (I+D) supuso una decisión que marcó un hito en la historia de la VMM. Con respecto a los satélites de I+D, deberíamos destacar a las agencias y a las misiones participantes de la constelación más reciente. En particular, el Aqua de la NASA, la Terra, el NPP, la TRMM, las misiones QuikSCAT y GPM, el ENVISAT de la ESA, las misiones ERS-1 y ERS-2, las series ADEOS II y GCOM del NASDA, los instrumentos de investigación de Rosaviakosmos a bordo del satélite operativo METEOR 3M N1 de ROSHYDROMET, y también su futura serie oceánica y el JASON-1 y el SPOT-5 del CNES, son ahora todos parte de la constelación de I+D.

El papel de los satélites en el sistema compuesto de observación seguirá creciendo en importancia mediante:

- el uso creciente de sondeos y seudosondeos de satélites geoestacionarios sobre zonas tanto oceánicas como terrestres;
- el mayor número de canales y la mayor precisión de las sondas de los satélites de órbita polar;
- la mayor resolución de los vientos obtenidos en mayor número de niveles utilizando varios elementos, incluidas las nubes y el vapor de agua; y
- el uso de información de dispersómetros y de técnicas de microondas para mejorar los sondeos en zonas dominadas por la nubosidad y sobre zonas oceánicas para caracterizar el viento en superficie.

Una serie mundial de flotadores perfiladores

Hace poco un equipo internacional de científicos propuso un nuevo sistema mundial de observación de los océanos llamado Argo. En el futuro cercano, Argo desplegará una serie mundial de 3 000 flotadores perfiladores para observar la capa superior del océano en tiempo real. Junto con los satélites, pondrá en marcha el equivalente oceánico del actual sistema de observación operativo de la atmósfera mundial. Se espera que el despliegue de los flotadores de Argo aumente muchísimo, alcanzando un ritmo superior a 700 flotadores por año. También está previsto que se coloque más de la mitad de la serie mundial de 3 000 flotadores, alcanzando en 2005 el despliegue total. Basándose en las prioridades nacionales de las naciones que suministran los flotadores, la región que presenta más desafíos para alcanzar el objetivo de Argo de un espaciado promedio de 3° de latitud y longitud será el Océano Austral.

El programa Argo, en el que se despliegan los flotadores perfiladores en todo el océano para observar el estado de la parte superior del mismo que afecta al clima mundial, contribuirá enormemente a la investi-

gación de la variabilidad climática estacional a interanual y a la importante mejora de la predicción del clima.

Otros sistemas de superficie

Los radares Doppler y los perfiladores de viento han demostrado que tienen capacidad para suministrar datos de viento de calidad de alta resolución tanto espacial como temporal, sobre todo en la baja troposfera. En la actualidad, esta nueva tecnología de perfiladores se encuentra todavía en general en modo de prueba, pero muchas naciones están estudiando programas operativos que puedan contribuir a la red compuesta. Uno de los principales obstáculos para la aplicación de perfiladores operativos ha sido la disponibilidad de espectros de radiofrecuencia. Sin embargo, en la Conferencia Mundial de Radio de la UIT de 2003 se acordaron normas para el funcionamiento de los perfiladores de viento en distintas bandas de frecuencia, como la de 449 MHz utilizada en los EE.UU. Existe el potencial para seguir incrementando en el futuro los datos de radar y de perfiladores de viento, cuando se produzcan junto con otras técnicas de sondeo que suministren perfiles de temperatura, tales como los sistemas de sondeo radioacústico. La disponibilidad de estas formas de tecnología, como parte de un sistema compuesto de observación, contribuirá en gran medida a satisfacer las necesidades de los modelos de predicción de área mesoescalar y local.

Desafíos para el desarrollo de un sistema nuevo

El éxito del nuevo sistema compuesto de observación es fundamental para la ciencia de la meteorología y viene dictado por la necesidad de un sistema rentable que satisfaga las crecientes necesidades de los Programas de la OMM y de la comunidad mundial, incluidos los desafíos del desarrollo sostenible. Estas necesidades también se han expresado en la Agenda 21 de la Conferencia de las NU sobre Medio Ambiente y Desarrollo y en distintos Convenios, a saber, el Convenio Marco de las NU sobre Cambio Climático, el Convenio de NU de Lucha contra la Desertificación y el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono.

Se espera que el sistema mundial compuesto de observación sea una componente principal de la Estrategia Integrada de Observación Mundial (EIOM). La OMM y algunas otras organizaciones han reconocido la necesidad de concentrar sus esfuerzos en la creación de unos sistemas de observación que sean verdaderamente robustos, integrando las componentes tanto espaciales como de superficie de las observaciones mundiales y abarcando todos los parámetros medioambientales afines. La OMM contribuirá a la Estrategia a través de la VMM, las actividades de vigilancia

del clima del Programa Mundial sobre el Clima, sus redes hidrológicas y la Vigilancia de la Atmósfera Global. La Estrategia incluye también al Sistema Mundial de Observación del Clima, al Sistema Mundial de Observación de los Océanos y al Sistema Mundial de Observación Terrestre, que son tres sistemas internacionales de observación patrocinados conjuntamente por la OMM y por otras organizaciones socias.

Si se quieren alcanzar los objetivos del nuevo sistema compuesto de observación, hay algunas actividades y desafíos asociados que habrá que emprender.

En primer lugar, hace falta un enfoque coordinado entre los países Miembros de la OMM. Esto incluirá la utilización, donde convenga, de mecanismos regionales y subregionales para los sistemas de observación, como se ha puesto en marcha de manera independiente en América Central y del Norte y en Europa. Los mecanismos existentes para la cooperación y el diseño de sistemas compuestos se ocupan de zonas restringidas, como el Atlántico Norte. La OMM podría desarrollar un nuevo mecanismo internacional que involucre a grupos representativos de sus países Miembros de todas las regiones del mundo similar, por ejemplo, al Grupo Intergubernamental que se creó para el FGGE, incluido su Comité Conjunto de Organización de la OMM y el Consejo Internacional de Ciencia. Si esto se estudia dentro del contexto de la EIOM, entonces el mecanismo supervisor también debería incluir a las organizaciones afines interesadas. A este respecto, se debería estudiar especialmente las necesidades de los países en vías de desarrollo y de los países con economías de transición, que deben implicarse en un sistema compuesto de observación del aire en altura y estar en posición de beneficiarse de manera importante del mismo.

En segundo lugar, es necesario seguir desarrollando asociaciones con las industrias de la aviación y con las navieras para garantizar un mayor desarrollo de informes meteorológicos automatizados de aeronaves comerciales y barcos voluntarios. A este respecto, debería buscarse un mecanismo adecuado y razonable para recibir y procesar los nuevos datos de aeronaves

en ascenso y en descenso, sin que ello suponga una carga para los operadores de aeronaves. Además, será necesario apoyar los esfuerzos para desarrollar otros sistemas de teledetección, como las pequeñas aeronaves autónomas de reconocimiento, que tienen el potencial de suministrar datos de manera económica por encima de una gran variedad de sistemas atmosféricos y en zonas objetivo, en particular sobre los océanos.

En tercer lugar, la constelación de satélites de órbita polar y geoestacionarios seguirá siendo vital. Será importante mantener una estrecha colaboración con las agencias espaciales y de satélite, por ejemplo mediante el Grupo de Coordinación de Satélites Meteorológicos y el Comité de Satélites de Observación de la Tierra, para garantizar el desarrollo de instrumentos nuevos y más precisos, y también para hacer frente a la vasta y cambiante capacidad de las telecomunicaciones por satélite, que es importante para un sistema de observación en tiempo real. Asimismo, se examinará la posibilidad de nuevos conceptos, como los "pequeños satélites" de un instrumento y la posibilidad de adquirir conjuntos de datos de satélite a partir de satélites explotados comercialmente.

En cuarto lugar, es importante que el compromiso de los países donantes sea continuo y se incremente para garantizar la participación de los países en vías de desarrollo y de los países con economías de transición en aras de satisfacer los requisitos del sistema compuesto dentro de sus territorios nacionales.

Por último, los principales centros de proceso necesitan nuevas y perfeccionadas técnicas de asimilación de datos para suministrar la integración clave de los elementos de observación para su uso en los modelos numéricos.

Para alcanzar estos objetivos, se necesita el apoyo y la colaboración de todos los Miembros de la OMM, incluidos los países del mundo en vías de desarrollo que pueden contribuir al mantenimiento de las redes de observación y beneficiarse del acceso a la nueva gama de datos y productos de observaciones.

