

# El Sistema Mundial de Observación

por Sue Barrell<sup>1</sup>, Lars Peter Riishojgaard<sup>2</sup>, Jochen Dibbern<sup>3</sup>  
y contribuciones de otros muchos



Tres joyas resplandecen en la corona de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM): el Sistema Mundial de Observación (SMO), el Sistema Mundial de Telecomunicación (SMT) y el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (SMPDP). Tal y como se proyectó en el plan original para la VMM, estos componentes no distribuyen sus resultados separadamente sino a través de su interconexión de extremo a extremo y sobre un robusto proceso en el que subyacen las necesidades de los usuarios. El proceso combinado es mucho más que la suma de sus partes y ningún sistema aislado sería capaz de producir las mismas ventajas. Sin embargo, el SMO es posiblemente el más singular, pues constituye la base sobre la que se apoyan los restantes al aportar las imprescindibles observaciones que posteriormente se distribuyen mediante el SMT y que son asimiladas y procesadas por el SMPDP, generando productos para la predicción.

El SMO es un proyecto extremadamente complejo, siendo tal vez uno de los ejemplos más ambiciosos y con éxito de la colaboración internacional en los últimos 100 años. Está compuesto por una multitud de sistemas de observación independientes que pertenecen a una pléyade de organismos nacionales e internacionales con financiación, directrices, prioridades y sistemas de gestión propios. Y, sin embargo, las prioridades básicas y los métodos de comunicación se adoptan de manera casi universal, haciendo posible que, mediante la combinación del SMO y del SMT, cada día miles de millones de observaciones se recopilen e intercambien en tiempo real entre los Miembros de la OMM y otros socios. Sin el SMO y el SMT, ni un solo Miembro de la OMM podría ser capaz de satisfacer las necesidades

meteorológicas de sus ciudadanos tanto como lo hacen hoy en día.

A pesar de la capacidad tecnológica de la sociedad moderna (y tal vez contrariamente a la creencia popular), nuestra dependencia de la meteorología no ha disminuido sino que se ha incrementado durante las últimas cinco décadas. Ello se debe a una combinación de factores, entre los que se incluyen el aumento exponencial del transporte de pasajeros y mercancías por mar y aire, la mayor cantidad de personas que viven cerca de la costa y otros lugares vulnerables (como las zonas anegables), la creciente dependencia de los métodos de agricultura intensiva (necesarios para alimentar a una población en aumento), etc. La mayor demanda y dependencia de la información meteorológica, así como la aparición de nuevas técnicas de observación, han exigido la constante adaptación del SMO desde su nacimiento y habrá de seguir haciéndolo así en el futuro.

## Los componentes del SMO

En sus inicios, el SMO comprendía los satélites de órbita polar, unas 8 000 estaciones meteorológicas terrestres y aproximadamente 4 000 barcos mercantes que regularmente suministraban observaciones a la VMM. Unas 800 estaciones terrestres realizaban también sondeos atmosféricos hasta altitudes de 30 km. Además,

<sup>1</sup> Vicepresidente de la CSB y subdirector del Departamento de observaciones e ingeniería del Servicio Meteorológico de Australia

<sup>2</sup> Presidente del GAAP sobre los SOI de la CSB y director del Centro mixto para la asimilación de datos de satélite del Centro científico de la NOAA

<sup>3</sup> Presidente adjunto del GAAP sobre los SOI de la CSB y director del Departamento de infraestructura técnica y operaciones del Servicio Meteorológico de Alemania



Christian Morel

se hacían observaciones manuales desde unos 3 000 aviones comerciales.

Hoy en día, los sistemas de observación de superficie del SMO incluyen unas 11 500 estaciones terrestres que realizan observaciones horarias o, al menos, cada tres horas de variables meteorológicas, 1 000 radares meteorológicos, 1 300 estaciones de observación en altitud —así como unos 15 barcos que realizan sondeos atmosféricos en el océano—, más de 3 000 sistemas automáticos de observación a bordo de aeronaves, 4 000 buques que envían informes regularmente, 1 250 boyas a la deriva y más de 500 fijas, y muchos otros tipos de estaciones de observación (p. ej. perfiladores de viento, sistemas de detección de rayos, mareógrafos, etc.), todos ellos aportan datos a la VMM. Cerca de unas 4 000 estaciones terrestres forman las redes sinópticas básicas regionales y más de 3 000 constituyen las redes climatológicas básicas regionales, todas ellas diseñadas por las seis asociaciones regionales de la OMM. Una parte de esas estaciones terrestres se usan en la Red de observación en superficie (ROSS) del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y otra parte de las estaciones de sondeos componen la Red de observación en altitud del SMOC (ROAS).

Si bien la llegada de la era espacial supuso un hito fundamental para la creación de la VMM y del SMO, es la combinación de los componentes espaciales y de superficie lo que sigue constituyendo la clave de su éxito operativo, de la participación y compromiso de todos los Miembros de la OMM y de la transformación de datos e informes en los útiles y necesarios productos finales.

## La función de la OMM en el SMO

Los componentes del SMO pertenecen a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales de los Miembros de la OMM, a otras agencias nacionales o internacionales o a entidades privadas. El papel de la OMM es coordinar y dirigir el SMO tanto en su funcionamiento cotidiano como en su desarrollo estratégico. La OMM realiza un examen continuo de las necesidades dirigido al asesoramiento continuo de los requerimientos de los usuarios, cotejándolos con las tecnologías de observación actuales y en desarrollo. La Comisión de Sistemas Básicos (CSB) tiene la responsabilidad de este examen continuo. La mayor parte del trabajo se realiza a través del Grupo abierto de área de programa (GAAP) sobre los sistemas de observación integrados (SOI), que consiste en un conjunto de equipos de expertos y en intercambios, tanto formales como informales, con otras entidades relevantes dentro y fuera de la estructura de la OMM, p. ej. las comisiones técnicas y las asociaciones regionales.

El proceso del examen continuo de las necesidades <sup>4</sup> se cimienta en dos pilares básicos:

- en la actualización sistemática de una base de datos con las necesidades de observación de todas las áreas de aplicación que apoyan los programas de la OMM, y

<sup>4</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Documentation/RRR-process.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Documentation/RRR-process.pdf)

- en otra base de datos actualizada con las capacidades de observación disponibles para los Miembros de la OMM y para sus socios a través del Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS).

Los contenidos de ambas bases de datos se cotejan anualmente para realizar un análisis de lagunas y, con los resultados, se redacta una Declaración de orientaciones para cada área de aplicaciones. La Declaración, de naturaleza táctica, es útil tanto para los expertos en las aplicaciones como para los proveedores y desarrolladores de sistemas de observación. A los primeros les sirve como breve introducción para las capacidades de observación más importantes, mientras que a los segundos les vale como manual de consulta rápida de las deficiencias más importantes del SMO en todo momento.

Para complementar las indicaciones tácticas de las Declaraciones de orientaciones hay dos documentos clave de naturaleza más estratégica: el *WMO Vision for the GOS*<sup>5</sup> (*Visión de la OMM para el SMO*) y el *Plan de ejecución para la evolución de los sistemas mundiales de observación*<sup>6</sup>. El primero contiene una descripción general de la capacidad de observación que se espera tener disponible para los usuarios a unos 15 años vista (el documento actual fija un marco temporal hasta 2025). El segundo contiene una lista detallada de actuaciones que será necesario llevar a cabo para conseguir los objetivos del documento conceptual. Ambos documentos fueron suscritos por la Comisión de Sistemas Básicos y posteriormente aceptados por el Consejo Ejecutivo como las posturas oficiales de la OMM.

## Desarrollo de los componentes del SMO y proyectos de futuro

### Observaciones desde aeronaves y AMDAR

Los lazos entre las comunidades meteorológicas y aeronáuticas son sólidos, cercanos y mutuamente provechosos. Aunque es obvio que la gestión del tráfico aéreo y las operaciones de las aerolíneas dependen mucho de la información y predicción meteorológicas para asegurar tanto la seguridad de los pasajeros como la eficacia de las operaciones de vuelo, no es tan conocido que la industria aeronáutica aporta valiosos datos e información que favorecen las aplicaciones meteorológicas y climáticas.

Al principio, este suministro de datos estaba limitado a poco más que los registros de simples instrumentos meteorológicos y a informes verbales de los pilotos relacionados con situaciones y fenómenos atmosféricos encontrados durante el vuelo. Posteriormente, con la llegada de las radiocomunicaciones, la aviónica y la sofisticación de los equipos de a bordo, dichos informes se fueron normalizando y finalmente se automatizaron

<sup>5</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/WorkingStructure/documents/CBS-2009\\_Vision-GOS-2025.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/WorkingStructure/documents/CBS-2009_Vision-GOS-2025.pdf)

<sup>6</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Publications/EGOS-IP-2025/EGOS-IP-2025-es.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Publications/EGOS-IP-2025/EGOS-IP-2025-es.pdf)

## El Programa espacial de la OMM

El Programa espacial de la OMM fue establecido con el objeto de coordinar las materias y actividades de los satélites medioambientales a través de los programas de la OMM. Su principal objetivo es facilitar y promover el uso adecuado de los datos de satélite y de sus productos a escala mundial. El Programa espacial hace especial hincapié en mantener la continuidad de las observaciones espaciales esenciales para la predicción numérica y la predicción inmediata, en establecer un sistema de observación espacial sostenible para la vigilancia del clima y también en extender el uso de las capacidades de los satélites a las Regiones de la OMM y a las diferentes áreas de aplicación.

El Programa espacial apoya el diálogo y la cooperación entre los operadores de los satélites para garantizar que las necesidades observacionales de los usuarios se tengan en consideración de la mejor manera posible, tanto en las operaciones actuales como en la planificación futura (esto se hace a través del proceso del examen continuo de las necesidades del SMO). Tal cooperación internacional ha permitido al Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) el desarrollo de planes de contingencia, mediante los cuales los operadores de los satélites se dan respaldo mutuo para conseguir que se cumplan las necesidades básicas que permitan la continuidad de las misiones más importantes.

El Sistema Mundial de Intercalibración Espacial (GSICS), actualmente en fase preoperativa, tiene por objeto efectuar calibraciones precisas, coherentes y continuas de las mediciones radiométricas de todos los satélites, que son necesarias para asegurar la interoperabilidad, la coherencia y la trazabilidad de las observaciones espaciales, especialmente para

la modelización del clima y para la detección de tendencias climáticas.

El Programa espacial apoya también la coordinación a nivel mundial de planes a largo plazo para maximizar las ventajas de las diversas misiones satelitales que se están planificando para las próximas décadas. Asimismo, se asegura el correcto muestreo de los fenómenos atmosféricos y de otras variables medioambientales. Ello puede conllevar la revisión de las posiciones nominales de los satélites geoestacionarios y la distribución de las misiones de órbita baja para cubrir diversos tiempos de pasada ecuatorial y órbitas que no sean heliosíncronas.

El sistema de observación espacial, originalmente instaurado para la meteorología operativa, ha evolucionado considerablemente hasta convertirse en un importante componente del WIGOS, que evalúa las necesidades de observación de la OMM relacionadas con la atmósfera, el océano y la superficie terrestre, con énfasis especial en la vigilancia del clima y en la reducción del riesgo de desastres. El Programa juega un papel activo dentro de la VMM, en la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), en programas copatrocinados tales como el SMOC, en organismos internacionales tales como el GCSM (y sus grupos de trabajo científico) y en el Comité sobre satélites de observación de la Tierra (CEOS).

Un objetivo prioritario del Programa espacial es el desarrollo de la arquitectura para la vigilancia del clima desde el espacio, paso necesario para asegurar la sostenibilidad de la observación espacial de indicadores y factores determinantes del cambio climático, así como para velar por que estas observaciones se transmitan mediante un proceso validado y completo que dé lugar a la producción de información climática y servicios dentro del Marco Mundial para los Servicios Climáticos.



Componentes espaciales del Sistema Mundial de Observación

## Predicción numérica del tiempo

La comunidad internacional dedicada a la predicción numérica del tiempo (PNT) es parte crucial en el desarrollo del SMO y los beneficios mutuos de esta asociación son reconocidos por ambos colectivos. La calidad de la PNT ha mejorado gradualmente a lo largo de las décadas, guiada por varios factores tales como el rápido aumento de la potencia de cálculo y la mejor comprensión y caracterización de los procesos atmosféricos. En años recientes, los datos de satélite han contribuido significativamente a mejorar aún más los resultados de la PNT, particularmente a escala global, aumentando así el rango de la predicción y de los avisos. Esto se aprecia claramente en el hemisferio sur, donde las medidas convencionales de superficie son escasas y los satélites completan el vacío de datos.

La PNT es básica para la mayoría de las actividades relacionadas con la predicción del tiempo y del clima. Cuantifica con precisión la cantidad de información de aquellas observaciones asimiladas en los modelos. Por lo tanto, la evaluación que la PNT hace sobre la

capacidad de predicción de los diferentes sistemas de observación se considera determinante a la hora de redactar tanto la Declaración de orientaciones como otros documentos de carácter más estratégico.

Desde 1997 la OMM ha patrocinado una serie de "Talleres sobre el impacto de los sistemas de observación en la PNT". A lo largo de los años estos talleres han evolucionado hasta convertirse en la principal cita internacional para presentar y comparar estudios de impacto. A estos congresos acuden los centros de predicción más importantes, expertos científicos y representantes de sistemas de captación de datos. Son uno de los principales medios que utiliza el GAAP sobre los SOI para solicitar información a los usuarios acerca de la medida objetiva del impacto de las observaciones.

Las metodologías de evaluación objetiva están aportando conocimiento de las contribuciones relativas de los diferentes sistemas de observación a la PNT y, por tanto, ayudan en la toma de importantes decisiones con respecto a la inversión en redes de observación.

en los llamados informes meteorológicos de aeronave (AIREP).

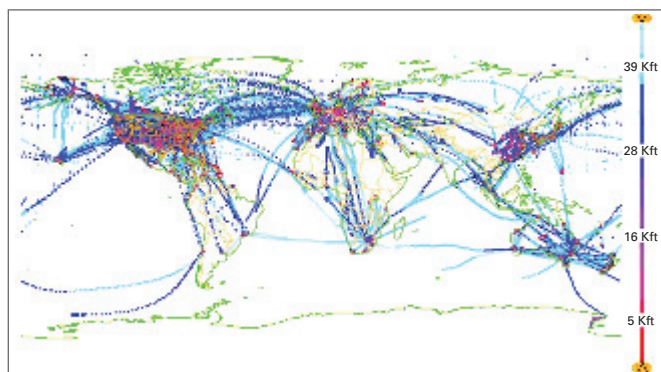
Durante décadas, los científicos atmosféricos han utilizado las aeronaves como plataformas para obtener datos meteorológicos en altura. Esto llevó, al inicio de la década de 1970, al desarrollo de programas automatizados de medición de variables atmosféricas concretas desde aviones comerciales, en un esfuerzo conjunto de la meteorología y la aviación.

El primer programa de medidas de este tipo fue el Sistema de adquisición y retransmisión por satélite de datos de aeronaves (ASDAR), que requería el anclaje de un equipo de adquisición de datos y transmisión al fuselaje de la aeronave. Esto dio paso, en la década de 1980, a la Retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR), que proporcionaba

observaciones a través de sistemas de sensores de datos, electrónica y comunicaciones, que estaban integrados con los de la aeronave, de modo que no se necesitaba la modificación del aparato o de sus sistemas. Esta gran ventaja facilitó mucho el rápido crecimiento de AMDAR durante las dos últimas décadas hasta convertirse en un componente importante del SMO. Unas 40 aerolíneas y más de 3 000 aviones aportan actualmente más de 300 000 observaciones diarias de gran calidad de temperatura, viento y otras variables importantes, incluyendo la humedad. Las observaciones AMDAR se complementan con observaciones meteorológicas automáticas adicionales realizadas desde aeronaves, resultado de los sistemas establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), tales como la Vigilancia Dependiente Automática.

Se espera que la disponibilidad de tan importantes datos aeronáuticos aumente exponencialmente en el futuro para proporcionar una mejor cobertura mundial en altura. El esperado aumento de medidas de humedad desde aeronaves podría mejorar las operaciones de las aerolíneas y tener beneficios medioambientales mediante aplicaciones que eviten las estelas de condensación, den avisos de engelamiento y optimicen el consumo de combustible.

Las mediciones de otros componentes atmosféricos importantes para la aviación y el medio ambiente, tales como las cenizas volcánicas, el dióxido de carbono y el metano, se encuentran en un estado incipiente y se espera un mayor desarrollo en el futuro.

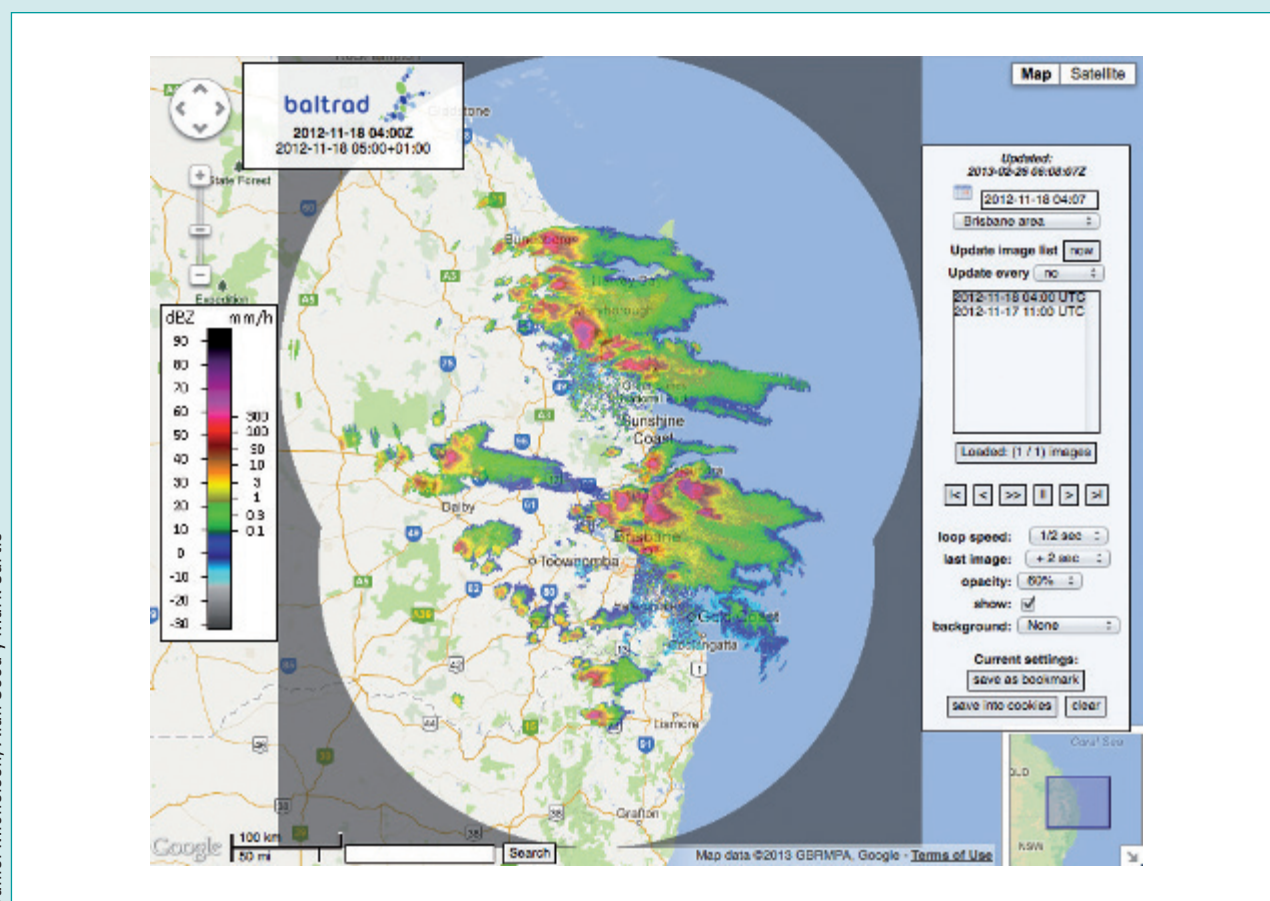


Representación de la cobertura mundial de las observaciones desde aeronave a lo largo de un periodo de 24 horas en diciembre de 2012.

## Mejoras en la predicción inmediata

En plazos temporales muy cortos de predicción y aviso, las observaciones tienen una especial relevancia. En tales escalas, la principal fuente de información que usan los predictores cambia de la salida del modelo a las observaciones mismas. Se han desarrollado técnicas para integrar, interpretar y proyectar la información de los radares meteorológicos y otros sistemas de observación terrestre junto con imágenes de satélite de alta resolución temporal para ofrecer una predicción a muy corto plazo (predicción inmediata). Se entiende realmente el valor de estos productos de muy corto plazo solo

cuando los afectados por los avisos son capaces de recibirlos y actuar a tiempo. En las densas áreas urbanas, en casos en los que el tiempo amenaza activos de gran valor (como minas y transportes) o la seguridad de las personas, incluso una respuesta parcial puede resultar muy beneficiosa. Aunque muchos países en vías de desarrollo carecen aún de una capacidad de reacción adecuada, iniciativas como el Proyecto de demostración de las predicciones de fenómenos meteorológicos extremos y la amplia disponibilidad de datos de satélites geostacionarios con alta frecuencia espacial y temporal permitirán otro paso más en el desarrollo de su capacitación.



Daniel Michelson, Alan Seed y Mark Curtis

*Tormentas violentas sobre Brisbane (Queensland, Australia) y alrededores, el 18 de noviembre de 2012, captadas por tres radares meteorológicos de la red nacional. Estas tormentas se desarrollaron rápidamente, dejaron caer granizo de tamaño superior a pelotas de golf en varios lugares y ocasionaron crecidas repentinas. (Datos procesados por la herramienta BALTRAD junto con el Instituto de Meteorología e Hidrología de Suecia y el Servicio Meteorológico de Australia).*

## Radares meteorológicos (precipitación)

La red de radares meteorológicos ha seguido creciendo (funcionan unos 1 000 en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales); sin embargo, aún hay grandes áreas terrestres que permanecen sin cobertura. Desde el punto de vista tecnológico, los programas informáticos para el proceso de señales y la potencia de análisis han

mejorado considerablemente, mientras que, en todas las nuevas instalaciones, el empleo de la polarimetría es creciente. Tras varias décadas de intensa investigación, la polarimetría está lista para su uso operativo y se esperan grandes mejoras en la clasificación y filtrado de los ecos no meteorológicos, así como la mejora de la corrección de la atenuación de los hidrometeoros en las bandas C y X, lo que mejorará la estimación de la pluviometría.

Un factor importante que contribuye a la ampliación de la red es el creciente interés en el uso de radares de banda X como parte de los sistemas operativos para mejorar la cobertura en zonas montañosas o dentro de áreas urbanas y, especialmente, en aplicaciones hidrológicas relacionadas con las crecidas repentinas. Uno de los beneficios de la banda X es el menor coste en infraestructura y sistemas.

El uso de datos de radar en los modelos de predicción numérica del tiempo (PNT) ha aumentado y las intensidades de precipitación obtenidas con radar, las reflectividades radar, los datos de viento radial y los perfiles verticales de viento se usan actualmente tanto en la asimilación como en la verificación, habiéndose demostrado que mejoran la capacidad de predicción de los modelos. El intercambio de estos datos a nivel internacional es un requisito previo para su posterior desarrollo.

### Perfiladores de viento

La teledetección del perfil vertical de la componente horizontal del viento desde estaciones terrestres usando perfiladores fue realizada por primera vez a principios de la década de 1970 y ha mantenido un continuo avance y mejora desde entonces. La principal ventaja de los perfiladores es su capacidad para calcular los perfiles verticales de la componente horizontal del viento con gran resolución temporal, en casi todo tipo de condiciones meteorológicas (ya sea con tiempo nuboso o despejado), sin necesidad de supuestos previos. Ningún otro equipo de teledetección tiene esta capacidad. Las comparaciones han puesto de manifiesto que la precisión de un perfilador bien mantenido y manejado es al menos comparable, si no mejor, a las de los datos de viento de las radiosondas. Los perfiladores se usan mucho actualmente tanto en meteorología operativa como en investigación.

La Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de Estados Unidos de América (NOAA) inauguró su



MeteoSuisse

Perfilador de viento de 5 paneles instalado en Payerne (Suiza).

primera red de perfiladores operativos a mediados de la década de 1990 utilizando radares UHF (de 404 y 449 MHz). Desde entonces se han instalado nuevas redes en Europa y Asia. El aumento en el número de instalaciones durante la última década ha favorecido que estos datos se incluyan en la asimilación para la PNT. Un estudio llevado a cabo por el Servicio Meteorológico del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte demostró que la asimilación de datos de radar de perfil de viento reducía claramente los errores de predicción, tanto en los modelos globales como en los de alta resolución, con una importancia neta superior incluso a la de los datos de radiosondeos.

Las observaciones de alta resolución que suministran los perfiladores radar resultan especialmente indicadas para describir el estado de la atmósfera a escalas mesoescales o inferiores, donde otro tipo de observaciones se quedan cortas. Por tanto, cabe esperar que el efecto de los datos de estos instrumentos sea más preponderante en los modelos mesoescales.

### Datos del Sistema mundial de navegación por satélite

Existe una permanente falta de datos de humedad en el sistema de observación meteorológica. En años recientes, datos procedentes del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) (los llamados retrasos cenitales totales o ZTD) han ido ganando terreno como solución a este problema. La mayoría de las estaciones del GNSS se instalan con el objeto de realizar cálculos de posicionamiento por lo que, para los operadores y los usuarios básicos, el retraso es considerado como ruido. Sin embargo, es posible convertir los datos ZTD en una estimación de la columna de vapor de agua atmosférico sobre la estación del GNSS, que puede ser transferida, en tiempo casi real, a las aplicaciones meteorológicas operativas.

Generar las estimaciones ZTD en tiempo casi real requiere una estrecha colaboración entre la geodesia y la meteorología. En el futuro, es probable que los beneficios lleguen a ambas disciplinas en el sentido de que la información meteorológica mejorará más aún la georreferenciación del GNSS. Los dos sistemas más conocidos de GNSS son el GPS estadounidense y el GLONASS ruso. Sin embargo, se están desarrollando nuevos sistemas de posicionamiento en Europa y Asia. Ello mejorará la calidad de las estimaciones ZTD y permitirá nuevos y mejores productos del GNSS para uso meteorológico (gradientes ZTD, reconstrucción tomográfica del campo de vapor de agua, retrasos "oblicuos", etc.).

Desde el inicio de siglo la red GNSS NRT ZTD ha crecido a pasos agigantados. Se estima que se dispone de datos de 4 000 a 5 000 estaciones, perteneciendo la mayoría a las densas redes de Europa occidental, América del Norte y Japón. Se espera un fuerte aumento en los próximos años. Los datos ZTD europeos se distribuyen a través del SMT como valores adicionales pero el intercambio de estos datos necesita aún una mejora sustancial a nivel mundial.

Entre las medidas meteorológicas, las observaciones ZTD son únicas, dado que la calidad de las mismas aumenta con el tiempo (desde su medición en tiempo real o casi real, pasando por el postproceso y finalmente, el reanálisis). Ello se debe a que se dispone de más y mejor información sobre el estado del propio sistema GNSS conforme pasa el tiempo, puesto que las predicciones dejan lugar a las nuevas observaciones. Con ello se abre la posibilidad de generar productos de más calidad con mayor latencia de datos, particularmente diseñados para las aplicaciones climatológicas.

### Observaciones marinas

Tanto las aplicaciones meteorológicas específicas para el medio marino como las meteorológicas y climáticas, a nivel más general, dependen en gran medida de las observaciones in situ y de los datos de satélites meteorológicos y oceanográficos en el entorno marino. Las observaciones marinas in situ también constituyen una fuente fiable para la validación de los datos de satélite y proporcionan medidas que aún no se pueden obtener de otra manera.

Durante décadas los barcos eran el único medio de disponer de estas observaciones pero con la llegada de la VMM se desarrollaron otros tipos de plataformas para la observación. Entre ellas se incluyen barcos de dedicación exclusiva a la meteorología, boyas libres, boyas de medida de altura de olas, boyas fijas para medidas oceánicas y atmosféricas, mareógrafos, sistemas de seguimiento de tsunamis (que vigilan tanto los terremotos submarinos como los tsunamis en superficie) y, más recientemente, boyas perfiladoras del sistema Argo, así como planeadores de superficie y submarinos, y radares de alta frecuencia para la vigilancia de olas y de corrientes marinas superficiales.

Examinando la evolución de la disponibilidad de los datos climatológicos y meteorológicos marinos de los distintos tipos de plataformas de observación en los últimos 75 años (véase la gráfica), se puede apreciar que desde el inicio de la VMM ha habido un impresionante aumento en el conjunto de las observaciones recopiladas, de 1,5 a más de 9 millones. Si bien los datos de buques

han disminuido considerablemente, el incremento de observaciones procedentes de boyas ha compensado de sobra esa pérdida.

En los últimos diez años, se han realizado importantes esfuerzos internacionales a través de la OMM pero también en colaboración con la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO para instaurar, de manera más coordinada, sistemas de observación oceánicos y meteorológicos marinos. Actualmente, se ha completado el 62% del sistema de observación oceánica previsto y tres de sus componentes han alcanzado su objetivo inicial de implantación: la red de boyas libres (septiembre de 2005) con 1 250 unidades, el programa de flotadores perfiladores Argo (noviembre de 2007) con 3 000 unidades y el proyecto de buques de observación voluntaria del clima (junio 2007) con una flota de 250 barcos VOSCLIM.

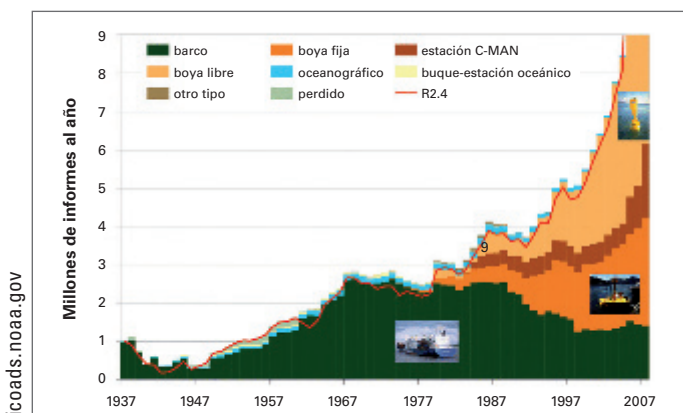
De cara al futuro, van apareciendo necesidades relacionadas con las nuevas tecnologías y con la observación de variables adicionales, especialmente las biogeoquímicas. Se espera que progresivamente se utilicen nuevas plataformas de observación oceánica como, por ejemplo, planeadores de superficie y submarinos, sistemas de medida sujetos a animales y plataformas estáticas en el fondo marino conectadas a antiguas líneas de telecomunicaciones submarinas.

### Beneficios para los usuarios finales

Los beneficios de la VMM para los usuarios finales son tan diversos como el aumento de la eficacia y de la productividad en la agricultura, la reducción de la contaminación urbana y la mejora de la salud humana debido a la optimización de la gestión de los sistemas medioambientales. Igualmente importante es la base científica que subyace en la generación de aplicaciones y en los sistemas de suministro de servicios que permiten que los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales logren dar productos de calidad, diseñados específicamente para los usuarios finales. En conjunto, es mérito de todos los componentes de la VMM; sin embargo, hay logros notables en los que el crédito se debe más concretamente al SMO.

Todas las etapas del ciclo de reducción de riesgos de desastre (planificación, preparación, pronóstico, respuesta, recuperación y revisión) se benefician del SMO. No solo su diseño de integración e interconexión apoya un enfoque que abarca múltiples riesgos sino que, sin la integración mundial que proporciona el SMO, las observaciones locales permitirían tomar, a lo sumo, decisiones locales. La capacidad de actuar con seguridad ante los desastres a nivel regional e internacional se basa en la confianza y la calidad generadas por las continuas observaciones realizadas 24 horas al día, los 365 días del año por el SMO y en su rápida distribución por el SMT.

El registro de observaciones a largo plazo es la mayor prueba de la existencia del cambio climático. Mientras en el pasado se daba poco crédito al sistemas de satélites a la hora de detectar cambios más allá de la vida útil



Algunos tipos de datos históricos de climatología y meteorología marina del ICOADS (Conjunto internacional integrado de datos oceánicos y atmosféricos) obtenidos desde 1937.

del satélite, tanto los componentes de superficie como los orbitales del SMO son reconocidos actualmente como capaces de recopilar y evidenciar tendencias temporales y espaciales de cambio climático a nivel mundial. La atención política internacional, que pone el foco ahora en comprender y evaluar el impacto del cambio climático, es prueba evidente del valor de la cooperación en los sistemas de observación. Este nivel de compromiso, reflejado en instancias internacionales para comprender y actuar sobre el cambio climático como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), no se hubiera materializado sin las negociaciones y acuerdos internacionales sobre estándares de observación y transmisión de datos y sobre el establecimiento y mantenimiento de los sistemas mundiales de observación, incluyendo las redes de referencia de gran calidad. Vigilar la naturaleza y el impacto del cambio climático requiere desarrollar y reforzar, de manera continuada, los sistemas de observación coordinados internacionalmente y ejemplificados por el SMO.

El hecho de que algunos tipos de aplicaciones muy alejadas de la predicción del tiempo se hayan beneficiado del Sistema Mundial de Observación demuestra que el SMO no es simplemente meteorológico: constituye también un ejemplo y una sólida base sobre la que construir programas de observación aún más completos.

El SMO contribuye directa e indirectamente al crecimiento económico y al progreso debido a los muchos y diversos sectores económicos que dependen de unas predicciones meteorológicas oportunas y fiables que posibiliten la adopción de decisiones en un amplio rango de escalas temporales. El SMO juega, pues, un papel clave en la protección de la vida y de la propiedad.

### **El futuro: la integración**

---

El concepto de integración ha sido básico en el SMO desde sus comienzos, pues aúna y optimiza las contribuciones de los diversos sistemas de observación terrestre y espacial en un único sistema de sistemas.

Durante las dos últimas décadas, la PNT ha revolucionado la asimilación de las observaciones en varias escalas espaciales y temporales y se ha desarrollado aún más debido a la integración tanto a nivel de datos como de sistemas. Este desarrollo ha aportado valor añadido a las observaciones y ha permitido identificar aquellas que contienen la mayor cantidad de información. Las necesidades de los diferentes tipos de aplicaciones se pueden atender hoy en día de manera más eficaz y de forma integrada usando una mezcla de sistemas compuestos y complementarios que defienden, en lo posible, el principio de "observar una vez, utilizar varias veces"; paralelamente, el proceso de ECN ayudará a identificar solo las medidas adicionales que sean necesarias para satisfacer las necesidades no cubiertas.

El SMO forma parte actualmente del WIGOS, que tiene una filosofía aún más integradora de la observación y que permitirá que más Miembros y otras comunidades se beneficien de su enfoque sistemático y detallado de la observación meteorológica. WIGOS tiene por objetivo promover una aproximación más coordinada de todos los sistemas de observación que apoyan la OMM y sus Miembros, ampliando la idea de sistema de sistemas ya establecida en el SMO a otros programas como la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), el Sistema mundial de observación del ciclo hidrológico (WHYCOS), la Red de referencia para la medición de radiaciones en superficie (BSRN) y el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). WIGOS se postula como un programa integral, coordinado y sostenible de sistemas de observación y, junto con el Sistema de información de la OMM, tiene por objeto mejorar la capacidad de los Miembros de la OMM para ofrecer una amplia gama de servicios partiendo de los datos observados y para atender mejor las necesidades de los principales programas de investigación. WIGOS constituye también una importante contribución de la OMM a la Red mundial de sistemas de observación de la Tierra (GEOSS), a la que WIGOS aporta toda la experiencia y capacidad de la VMM, la filosofía sistemática y de apoyo al usuario del SMO, la conexión con los usuarios, y el espíritu voluntario de cooperación y colaboración internacional.