

Pioneros en la recopilación y en el intercambio de datos meteorológicos

por Fred Branski*

Durante los últimos sesenta años, la OMM y sus Miembros han creado y desarrollado sistemas de observación e información destinados a afrontar los siempre crecientes desafíos de una sociedad cada vez más compleja. A través de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) y de una nueva generación de sistemas integrados de observación e información, los Miembros de la OMM han sido capaces de prestar servicios fundamentales para los encargados de la toma de decisiones en nuestra sociedad, desde los propios ciudadanos hasta empresas comerciales, pasando por organismos públicos. Las observaciones han crecido desde los miles hasta los miles de millones. Algunos centros de datos procesan en la actualidad más de 1 700 millones de observaciones al día. Para la OMM y sus Miembros, es motivo de gran orgullo que los sistemas de los que han sido responsables hayan contribuido de una forma tan importante a la comprensión de nuestro mundo y de su entorno.

El legado de la VMM

En abril de 1963, el Cuarto Congreso Meteorológico Mundial aprobó el concepto de Programa de la VMM de la OMM. El Congreso reconoció el valor de un enfoque integral, incluso a pesar del hecho de que este concepto de organización aún no era habitual en la planificación de sistemas en la época. La VMM fue concebida

con tres componentes fundamentales, cada uno de los cuales contaba con una estructura de tres niveles de centro de atención a escala nacional, regional y global: el Sistema Mundial de Observación, el Sistema Mundial de Proceso de Datos y el Sistema Mundial de Telecomunicación.

Recopilación de observaciones

A mediados de la década de 1960, alrededor de 8 000 estaciones meteorológicas terrestres y 4 000 buques se encontraban efectuando observaciones de superficie normalizadas por todo el mundo. Cerca de una décima parte de las estaciones terrestres y algunos de los buques efectuaban también observaciones en altitud; todas estas observaciones se complementaban con 3 000 observaciones desde aeronaves y con imágenes de las nubes de los satélites de órbita polar. Los Miembros de la OMM reconocieron el valor de las observaciones para aumentar tanto su propia capacidad como la de la comunidad mundial en su conjunto si aquellas se compartían en aras del bien común. Con la OMM a modo de parapeto organizativo, los Miembros coordinaron eficazmente el Sistema Mundial de Observación (SMO) como punto de partida para comprender las condiciones meteorológicas que afectaban a los ciudadanos de todo el mundo.

Desde la creación de la VMM, la red de observación ha mejorado a través del aumento tanto en el número como en el rendimiento de las esta-

ciones de observación. Por ejemplo, se han incorporado unas 3 000 estaciones terrestres adicionales y se ha creado una nueva red de 1 200 boyas a la deriva. Los componentes espaciales del sistema de observación también han experimentado nuevos desarrollos, incluyendo los satélites meteorológicos geoestacionarios y los de órbita polar. Además, muchos sistemas de observación automatizados forman ahora parte del SMO, entre los que se incluyen radares, perfiladores de viento y estaciones meteorológicas automáticas. Del mismo modo, se han llevado a cabo importantes mejoras en los sistemas de observación de los buques y de las aeronaves.

Proceso de datos a escala mundial

Rebautizado como Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (SMPDP), el Sistema Mundial de Proceso de Datos, en sus inicios, estaba compuesto de tres centros meteorológicos mundiales y de varios centros meteorológicos regionales (CMR), responsables de la elaboración de los productos mundiales y regionales que debían ser distribuidos a los centros meteorológicos nacionales (CMN) a través del Sistema Mundial de Telecomunicación. De año en año, el SMPDP ha ido incrementando continuamente el número y la calidad de sus productos de salida.

La creciente especialización y sofisticación en la prestación de servicios meteorológicos dio lugar a la redesignación de los CMR como

* NOAA; Presidente de la Comisión de Sistemas Básicos de la OMM

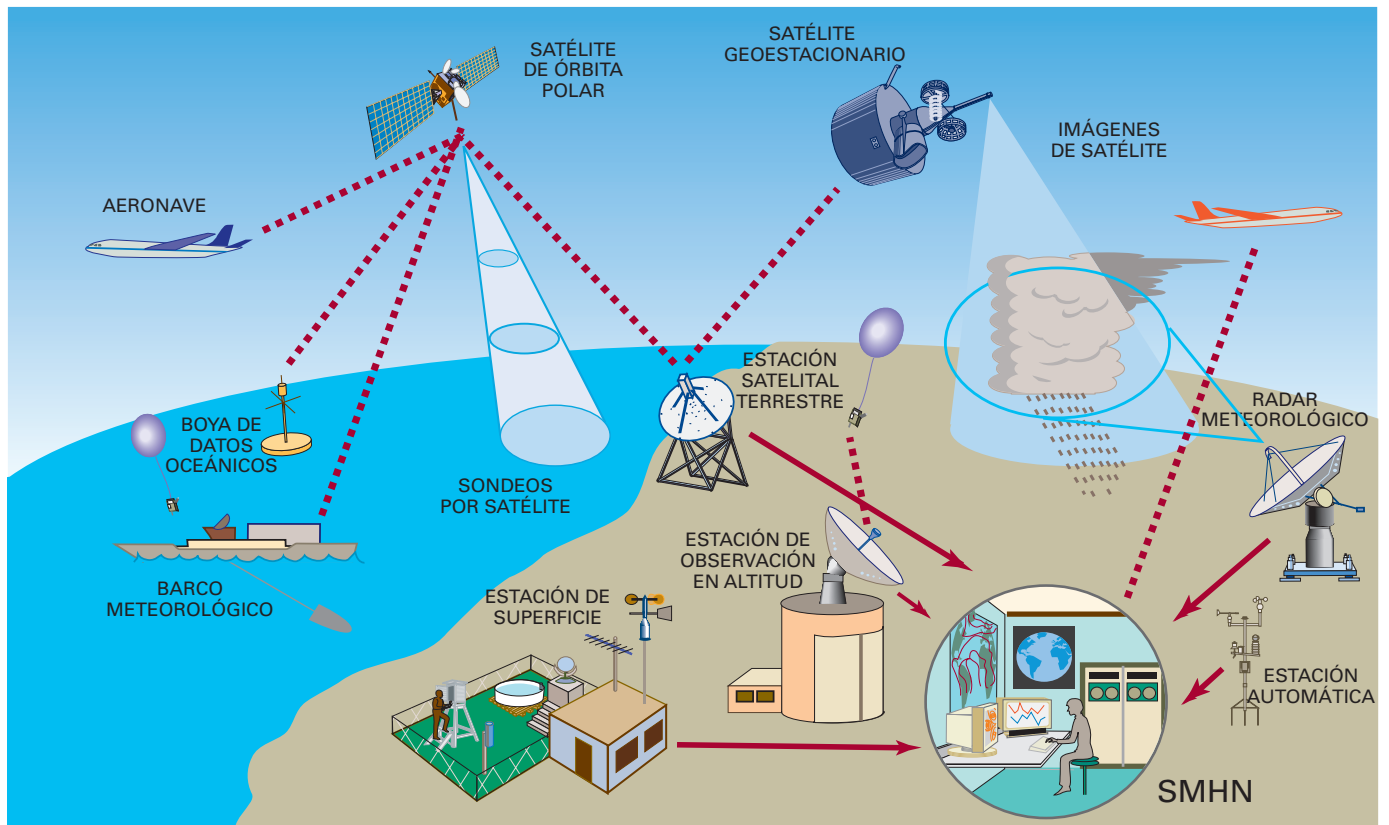


Figura 1 — El sistema WIGOS integrará la recopilación y el intercambio de datos de los diversos sensores y sistemas en la superficie terrestre, en los océanos, en la atmósfera y en el espacio.

centros meteorológicos regionales especializados (CMRE), con especialización geográfica o por tipo de actividad. Hoy en día, estos centros abarcan todo el ámbito de las aplicaciones hidrometeorológicas, desde los centros de modelización numérica a nivel regional y mundial (incluyendo los sistemas de predicción por conjuntos) hasta los centros especializados que prestan apoyo a la aviación, la alerta de ciclones tropicales y tsunamis, y la predicción climática a largo plazo. Los centros del SMPDP ofrecen también un abanico completo de productos, desde campos de análisis de las observaciones generados a través de sistemas de asimilación hasta alertas regionales y productos de guía con un alto grado de especialización, que se emplean para respaldar la prestación de servicios por parte de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN).

Intercambio de datos

El Sistema Mundial de Telecomunicación (SMT) es un sistema mundial coordinado de infraestructuras de telecomunicaciones (instalaciones y

líneas) y procedimientos destinados a la recopilación, el intercambio y la difusión rápidos de la información y de las observaciones procesadas en el marco de la VMM. El SMT se organiza en tres niveles: la red principal de telecomunicaciones (RPT), seis redes regionales de telecomunicaciones meteorológicas (RRTM) y numerosas redes nacionales de telecomunicaciones meteorológicas (RNTM).

La RPT es la columna vertebral del SMT, pues mantiene el intercambio de datos a nivel mundial e interconecta los principales centros regionales de telecomunicación en las seis Regiones de la OMM. Las RRTM permiten llevar a cabo la interconectividad dentro de cada región y con frecuencia suelen incluir también conexiones con centros fundamentales en el seno de otras regiones. Las RNTM conectan las estaciones o centros meteorológicos con los CMN de cada Miembro.

El SMT ha evolucionado continuamente: comenzó como un sistema de líneas de comunicación dedicadas que conectaban un punto o un centro con otro de un circuito fijo. En la ac-

tualidad, se trata de una amalgama de tecnologías, que van desde la utilización continua de comunicaciones de circuito fijo hasta redes de comunicación con estructura de nube, que permiten que cualquier centro de la nube se conecte con cualquier otro centro. Hoy en día también existen vías de comunicación a través de internet, así como transmisiones y recopilación de información por satélite.

En la actualidad, los centros o los emplazamientos de observación pueden intercambiar sus datos de múltiples formas, que van más allá de la metodología de conmutación de mensajes definida por la OMM, que aún sigue siendo el mecanismo principal del SMT. Estos nuevos métodos incluyen transferencias de archivos, correo electrónico y portales basados en protocolo web.

Gracias a los procedimientos de gestión de datos del SMT, la OMM y sus Miembros han coordinado todos los protocolos de comunicación, formatos de datos, necesidades en materia de puntualidad, requisitos de distribución, copias de seguridad y control, todos ellos necesarios para contribuir a lograr un flujo operativo



mundial de información en tiempo real, las 24 horas al día durante todos los días del año, con el fin de apoyar las necesidades de los SMHN.

Aumento de la demanda: el Sistema de Información de la OMM

Con el desarrollo experimentado en las tecnologías de los sistemas de observación tales como radares, satélites y sensores a bordo de aeronaves, se están midiendo grandes volúmenes de datos. Además, las mejoras en las tecnologías informáticas, como por ejemplo las instalaciones informáticas paralelas y de alta velocidad, así como los modelos numéricos de muy alta resolución, están generando enormes cantidades de productos que contribuyen a mejorar la vigilancia y predicción del estado del tiempo, del clima, del agua y de otros recursos naturales.

La recopilación y el intercambio de cantidades masivas de datos se han convertido en tareas exigentes para los Miembros de la OMM, quienes se están encontrando también ante la necesidad de acceder a información procedente de un dominio mucho más amplio. Los Miembros se encuentran sometidos a una demanda continuamente creciente de suministro de información y servicios que apoye a las actividades que van más allá de los dominios tradiciona-

les de la meteorología, la hidrología, la oceanografía y, más recientemente, la climatología. Incluso dentro de los dominios tradicionales, los Miembros están respaldando hoy en día servicios orientados a los responsables de la toma de decisiones correspondientes a sectores como la reducción del riesgo de desastres, la adaptación climática, los sistemas de transporte avanzados, la seguridad alimentaria y la salud.

El SMT, aunque sigue en proceso de evolución y continúa haciendo frente a la necesidad de disponer de un flujo de información operativa y puntual, no fue diseñado para satisfacer estas nuevas demandas, sino que está enfocado principalmente hacia el interior, con el fin de recopilar e intercambiar información en el seno de la comunidad de SMHN y suministrar esa información a otros Miembros.

Además, la rápida expansión de las tecnologías de internet ha llevado a los Miembros de la OMM a utilizar redes públicas para una gran parte del conjunto de datos e información que, tradicionalmente, se transmitían a través de enlaces dedicados. De forma simultánea a estas tendencias, los grandes descubrimientos y las funcionalidades de acceso y recuperación están convirtiéndose en partes integrantes de los sistemas de gestión de datos del siglo XXI.

El Sistema de Información de la OMM (SIO) ayuda a los Miembros de la OMM a sacar partido de este desa-

rollo, actuando como foro mundial para la utilización de datos meteorológicos y para la colaboración a este respecto, para la recopilación de productos y servicios, y para el intercambio entre proveedores y usuarios como apoyo a la OMM y a los programas relacionados.

El SIO posibilita la recopilación y el intercambio de datos y productos meteorológicos, climáticos e hidrológicos, y saca provecho del legado de procedimientos y servicios de intercambio de datos desarrollados con el SMT y con el Servicio mundial integrado de difusión de datos (IGDDS), un nuevo sistema espacial que, sobre todo, se encarga de comprobar productos satelitales, aunque no se limita a ellos. El SIO también incluye nuevas tecnologías para suministrar muchas funciones similares a las de internet, como el descubrimiento, el acceso y la recuperación de datos.

El SIO ofrece una manera normalizada de gestionar los metadatos, basada en sistemas de información con protocolo de internet pero que no solo sea operable con ellos, sino también con los sistemas que se encargan de dar soporte a muchas de las bibliotecas y de los sistemas de recuperación y depósito de información en todo el mundo. Estas capacidades no solo están abriendo los dominios de la información en el seno de la OMM hacia el resto del mundo, sino que también están posibilitando que los Miembros de la OMM puedan interactuar con dominios no tradicionales de un modo más sencillo.

El SIO ofrece tres tipos fundamentales de servicios para el intercambio de información. En primer lugar, ofrece un servicio de recopilación y difusión en régimen ordinario de datos y productos de puntualidad y operatividad esenciales. Este servicio estaría basado en mecanismos de descarga inmediata en tiempo real, tanto en difusión normal como en multidifusión, y se establecería fundamentalmente mediante sistemas de telecomunicación dedicados con calidad del servicio garantizada.

En segundo lugar, el SIO ofrece servicios de entrega puntual de datos y productos. Este servicio estaría basado en mecanismos de entrega inmediata en modo diferido y se establecería mediante una combinación de

SIO para los servicios climáticos

El Marco mundial para los servicios climáticos (GFCS), que se está desarrollando tras su creación en la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima, dependerá en gran medida de la información para poder apoyar las funciones básicas y para crear o compartir productos y servicios. El objeto del GFCS es incorporar un amplio y variado abanico de comunidades de práctica, muchas de ellas con sus propios procesos y necesidades en torno a la información especial. Al adoptar las mismas normas que el SIO y al aprovechar la infraestructura del mismo en vez de crear una nueva, el GFCS podría facilitar el flujo de información a través de colaboradores y usuarios que, de lo contrario, serían ampliamente independientes, a la par que minimizaría el cambio.

La utilización de la infraestructura y de las prácticas de la OMM reducirá notablemente el coste de crear, o incluso de duplicar, infraestructuras de gestión de información nuevas o diferentes, facilitando encauzar valiosos recursos hacia otras actividades del GFCS. El desarrollo y mantenimiento en curso del SIO garantizarán una infraestructura sólida, escalonada y rentable como elemento de respaldo del GFCS, lo que permitirá que el Marco pueda recoger los beneficios del SIO, entre los que se incluyen el descubrimiento, el acceso y la recuperación de datos, así como el intercambio de información esencial.

Gestión de datos

Los datos climatológicos resultan más útiles cuando se editan, se controla su calidad y se almacenan en un archivo o centro climático nacional, y se ponen fácilmente accesibles en formatos sencillos de utilizar. Aunque las innovaciones tecnológicas tienen lugar a un ritmo elevado, muchos de los registros climatológicos que conservan los SMHN siguen estando en un formato no digital. Estos registros deberán de gestionarse junto con la cantidad cada vez mayor de registros digitales.

Un sistema de gestión de datos climáticos (CDMS) es un conjunto de herramientas y procedimientos que permite almacenar y gestionar adecuadamente todos los datos de interés para los estudios climáticos. Los principales objetivos de la gestión de una base de datos son mantener la integridad de la base de datos en todo momento y garantizar que esta base de datos contenga todos los datos y metadatos necesarios para satisfacer las necesidades con que fue creada, tanto ahora como en el futuro. Los sistemas de gestión de bases de datos han revolucionado la gestión de los datos climáticos facilitando una mayor eficacia en las tareas de almacenamiento, acceso, conversión y actualización de muchos tipos de datos, así como a

medios de telecomunicación dedicados, sobre todo sistemas espaciales y redes públicas de comunicación de datos, como por ejemplo internet.

En tercer lugar, el SIO está poniendo a disposición de la OMM un servicio de descubrimiento, acceso y recuperación de datos (DAR). Este servicio estaría basado en mecanismos de descarga mediante búsqueda, petición y respuesta con funciones de gestión de información apropiadas, y se establecería en gran medida a través de internet. Este servicio de intercambio de datos abre la gestión de información de la OMM al mundo exterior, a la vez que dota de la capacidad de integrar la gestión de datos en todos los programas y requisitos de la OMM.

El SIO emplea normas internacionales para garantizar la interoperabilidad con otros sistemas de información, permitiendo así que la información meteorológica, climática e hídrica pueda ser descubierta e intercambiada a través de cualquier otro sistema que esté basado en esas mismas normas. Estas normas y la utilización de hardware fácilmente disponible contribuyen significativamente a la sostenibilidad, cambio de escala y eficacia a largo plazo del SIO.

Gestión e intercambio de datos climáticos

El texto que sigue a continuación ha sido adaptado de la Guía de prácticas climatológicas de la CCI, tercera edición, versión en línea, publicación de la OMM.





la hora de aumentar la seguridad de los mismos.

Un paso adelante importante en la gestión de bases de datos climáticos tuvo lugar con el proyecto de aplicación de la informática a la climatología en el Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima (PMDVC) en 1985. Este proyecto condujo a la instalación de software de bases de datos climáticos en ordenadores personales, dotando así a los SMHN, incluso en los países más pequeños, de la capacidad de gestionar sus registros climáticos de un modo eficaz. El proyecto también ofreció los fundamentos para llevar a cabo mejoras demostrables en los servicios, aplicaciones e investigaciones de tipo climático.

A finales de la década de 1990, el PMDVC inició un proyecto de CDMS para sacar partido de las últimas tecnologías, con el fin de afrontar las variadas y crecientes necesidades en materia de gestión de datos de los Miembros de la OMM. Además de los avances en tecnologías de bases de datos, como por ejemplo las bases de datos relacionales, los lenguajes de consulta y los enlaces con los sistemas de información geográfica, ha sido posible llevar a cabo una captación de datos más eficaz gracias al aumento del número de estaciones meteorológicas automáticas, de los libros de campo electrónicos, de internet y de otros avances en la tecnología.

Intercambio de datos

El intercambio de datos resulta esencial para la climatología. En el caso de estados que son miembros de la OMM, la obligación de compartir datos y metadatos con otros Miembros y las condiciones bajo las cuales estos deben ser facilitados a terceras partes aparecen en la Resolución 40 de la OMM (Cg-XIII) en el caso de los datos meteorológicos, en la Resolución 25 de la OMM (Cg-XIV) en el caso de los hidrológicos y en la Resolución XXII-6 de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental en lo que respecta a los datos oceanográficos. Las Resoluciones plasman los conceptos de datos "esenciales" y "adicionales", con una especificación acerca de un conjunto mínimo de datos que debería estar disponible de forma no discriminatoria y a un coste no mayor que el coste de reproducción y difusión, sin cargo alguno por lo que son los propios datos y productos. Los Miembros podrán decidir declarar como esencial algo más que el simple conjunto mínimo. La utilización de formatos normalizados conforme a acuerdos internacionales resulta fundamental de cara al intercambio de datos.

Una vía principal para la difusión de datos climáticos a nivel internacional es a través de mensajes codificados enviados mediante el SMT. Además,

a los Miembros de la OMM se les pide que ofrezcan datos y productos necesarios para mantener los programas de la OMM a nivel mundial, regional y nacional, así como para ayudar a otros Miembros a la hora de prestar servicios meteorológicos y climatológicos en sus países. Los Miembros que suministran estos datos y productos adicionales podrían imponer condiciones de cara a su reexportación. Algunos Miembros de la OMM se ofrecen voluntarios para que determinados subconjuntos de sus estaciones formen parte de diversas redes. La designación de estaciones en estas redes implica la obligación de compartir los datos a escala internacional.

Los datos climáticos y afines también se comparten a través de los centros mundiales de datos (CMD) del Consejo Internacional para la Ciencia. El sistema de CMD funciona para garantizar el acceso a los datos solares, geofísicos y medioambientales afines. La OMM está implicada de modo muy activo en el suministro de datos a algunos de estos CMD y hay varios centros asociados gestionados directamente a través de la OMM. Estos centros se dedican a variables como el ozono y la radiación ultravioleta, los gases de efecto invernadero, los aerosoles, la profundidad óptica de los aerosoles, la radiación y la química de la precipitación.

El intercambio de datos digitales resulta sencillo para muchos Miembros debido a la variedad de sistemas de comunicaciones informáticas que tienen a su disposición. Los acuerdos internacionales de intercambio de datos permiten la compilación mundial de publicaciones como *Normales climatológicas*, *Registros meteorológicos mundiales* y *Datos climáticos mensuales del mundo*. Los acuerdos bilaterales o multilaterales también son importantes de cara a la creación y el intercambio de conjuntos de datos de largo período, como por ejemplo la Red mundial de datos climatológicos históricos, los conjuntos completos de datos de referencia aerológicos y de datos océano-atmósfera recopilados por los Estados Unidos de América, y los conjuntos de datos de observaciones globales del Centro Hadley recopilados por el Reino Unido. Estos conjuntos de datos suelen suministrarse a centros de investigación.



Aplicación de la gestión integrada a las observaciones

El Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS) tiene la intención de reunir los sistemas de observación de la OMM, tanto los existentes como los de nuevo cuño, en un sistema de observación integrado sólido, coordinado y compuesto (Figura 1). De una forma rentable y sostenida, hará frente a las necesidades observacionales —en continua evolución— de los Miembros de la OMM, por lo que respecta a sus servicios meteorológicos, climatológicos, hidrológicos y medioambientales afines, y mejorará la coordinación de los sistemas de observación de la OMM con los de sus organismos asociados en beneficio de la sociedad.

Este futuro que aguarda a los sistemas de observación de la OMM se cimentará sobre los subsistemas existentes, tanto terrestres como espaciales, in situ y remotos, y sacará provecho de las tecnologías de observación existentes, nuevas y emergentes que todavía no están incluidas o que no se explotan en su plenitud. Así pues, el WIGOS facilitará que los Miembros de la OMM puedan hacer frente a los mandatos nacionales de expansión y contribuir a satisfacer las necesidades de otros organismos relacionados con el medio ambiente. En la realización de estas tareas, los Miembros de la OMM tendrán la ca-

pacidad de responder mejor ante los peligros naturales, mejorar la vigilancia medioambiental y adaptarse al cambio climático y a los impactos medioambientales provocados por el ser humano.

El WIGOS, junto con el SIO, mejorará notablemente los componentes operativos de los Programas de la OMM, especialmente en los países en desarrollo y en los menos adelantados, y serán componentes sólidos del futuro Marco mundial para los servicios climáticos.

Un sistema integrado de observación de estas características constituirá un "sistema de sistemas" exhaustivo, interconectado con sistemas de observación copatrocinados por la OMM y con otros no relacionados con la Organización, que permitirá efectuar importantes aportaciones a la Red mundial de sistemas de observación de la Tierra (GEOS) y que se desarrollará a través de una mayor implicación de los Miembros, las regiones y las comisiones técnicas de la OMM. El componente espacial dependerá de una mejor colaboración entre asociaciones, como por ejemplo el Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos y el Comité sobre satélites de observación de la Tierra. Algunas partes de los subsistemas terrestre y espacial dependerán de las organizaciones asociadas con la OMM: el Sistema Mundial de Observación Terrestre, el Sistema Mundial de Observación de los Océanos, el Sistema Mundial de Observación del Clima y otros.

El progreso en la tecnología seguirá ofreciendo una base para conseguir mejoras adicionales en la fiabilidad y calidad de las observaciones, satisfaciendo así las necesidades del usuario con una mayor plenitud. La normalización abordará mejor los procedimientos y prácticas, incluyendo la garantía de calidad y los formatos de datos y metadatos para las tecnologías nuevas y emergentes. Un desarrollo adicional de los sistemas de teledetección terrestre hará posible ofrecer observaciones de las variables y de los procesos atmosféricos más importantes relativos al tiempo, el agua y el clima, con una alta resolución temporal. La comprobación a largo plazo en bancos de pruebas de instrumentación se empleará para valorar el diseño, el rendimiento, la fiabilidad, la capacidad y la rentabilidad de los instrumentos de cara a su integración plena en el WIGOS.

Con la mejora en la predicción de estacional a interanual, la integración de la información de los océanos y de la superficie se tornará aún más importante. Las demandas de la modelización del clima requieren un sistema de observación medioambiental integrado y exhaustivo que solo puede ser ofrecido por la OMM y sus socios. El desarrollo en las técnicas de asimilación de datos permitirá que las observaciones puedan explotarse plenamente en los modelos numéricos de forma integrada. La asimilación ofrecerá los medios para que los datos puedan combinarse con otros datos de forma cohesiva y científica.

Nuestro desafío es hacer frente a estas necesidades en el futuro. Está claro que las bases del intercambio de observaciones y de información, el WIGOS y el SIO, resultan fundamentales para superar este reto. A la hora de reconocer el desafío y de responder ante él, la OMM seguirá ofreciendo liderazgo y gobierno con vistas a satisfacer las futuras necesidades pertinentes de la sociedad durante los próximos sesenta años y más allá.

Agradecimientos

El autor desea dar las gracias a Omar Baddour, Pierre Kerherve, David Thomas e Igor Zahumensky, de la Secretaría de la OMM, por sus aportaciones a este artículo.