

El Sistema Mundial de Observación: sus efectos y su futuro



Por John J. Kelly*

Introducción

El tiempo y sus cambios ejercen una gran influencia sobre casi todos los aspectos de nuestras vidas cotidianas. En última instancia, el tiempo determina qué cultivos plantamos, cómo preparamos nuestras actividades diarias, si viajamos, adónde y cómo, y de qué forma respondemos a los desastres naturales en curso o inminentes. Cada día, en todas las partes del mundo, los Miembros de la

Organización Meteorológica Mundial ofrecen servicios vitales para ayudar a sus integrantes a hacer frente a los acontecimientos relacionados con el tiempo, el clima y el agua. La capacidad de los Miembros de ofrecer estos servicios vitales se debe, en gran parte, a la información y a las observaciones que suministra la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) de la OMM, que consta del Sistema Mundial de Observación (SMO), el Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT) y el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción (SMPDP).

El SMO es complejo por su propia naturaleza y requiere una cooperación internacional al más alto nivel. La parte central del SMO es un subsistema de superficie del que se encargan principalmente los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de los Miembros y un subsistema espacial del que se encargan agencias espaciales nacionales o internacionales. Un Sistema Mundial de Telecomunicaciones del que se encargan los SMHN facilita la transferencia de las observaciones del SMO para una miríada de fines que van, en escala, desde la predicción inmediata al clima y que se centran en numerosas áreas diversas pero interrelacionadas como las tormentas tropicales, la mitigación de desastres, los recursos hídricos, la meteorología de terminal de aeropuerto y la agricultura.

Este artículo tratará de la importancia del SMO de la VMM para "tomar el pulso del planeta", mediante el suministro de una vigilancia mejorada de los cuerpos atmosféricos, terrestres

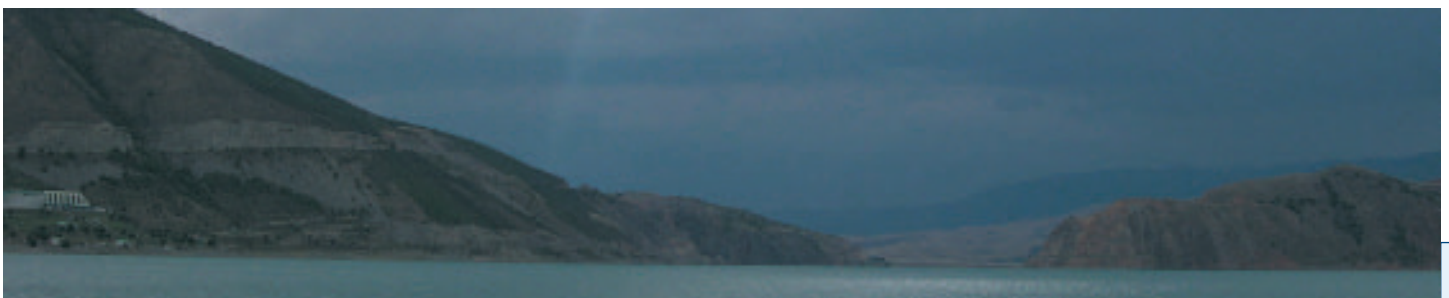
e hídricos de la Tierra, que constituyen elementos esenciales de la Red Mundial de Sistemas de Observación de la Tierra (GEOSS). El SMO se complementa con otro esfuerzo financiado por la OMM: el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO). El SMOO es el marco de las observaciones internacionales coordinadas y sostenidas del océano y supone la principal contribución oceánica al GEOSS. Hará falta una gran cooperación entre la OMM y la Comisión Oceanográfica Internacional (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), a través de la Comisión Mixta sobre Oceanografía y Meteorología Marina (CMOMM) y del Comité Intergubernamental del SMOO, de la COI, la OMM y el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

Historia del SMO de la VMM

La VMM ofrece la base para que los SMHN de todo el mundo coordinen la recogida de observaciones oceánicas y atmosféricas, se comuniquen estos datos unos a otros en tiempo casi real, desarrollen herramientas eficaces para utilizar los datos en beneficio de la sociedad y ofrezcan depósitos de archivo para los datos.

Desde el inicio de la VMM en 1963, el SMO ha proporcionado observaciones mundiales continuadas y fiables para el uso de los Miembros de la OMM. Las primeras necesidades de observación del SMO se centraban sobre todo en la meteorología sinóptica y estaban dirigidas a la rápida expansión de la aviación civil. Hasta ahora, el SMO sigue siendo dinámico y los requisitos que se le imponen han continuado evolucionando, refle-

* Vicesecretario Segundo de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los EE.UU. y Representante Permanente de los EE.UU. ante la OMM





El Sistema Mundial de Observación

jando tanto las innovaciones de los sistemas de observación como las necesidades de la sociedad.

Los SMHN han hecho frente a esta circunstancia a través de sistemas de observación mejor diseñados e integrados, telecomunicaciones de datos más perfeccionadas y ordenadores modernos de alta calidad que gestionan el flujo de datos y elaboran productos numéricos meteorológicos y climatológicos. Estos esfuerzos también han dado lugar a acuerdos de intercambio de datos y de control de calidad entre los SMHN a fin de garantizar que los datos sean accesibles y precisos, independientemente de su origen.

A lo largo del tiempo, la riqueza disponible de datos del SMO ha suministrado las observaciones mundiales necesarias para elaborar predicciones meteorológicas coherentes de hasta siete días y para predecir episodios

meteorológicos peligrosos con varios días de antelación. Ahora utilizan de manera rutinaria estas predicciones la aviación, la marina, la meteorología de incendios y muchos otros colectivos. Esas mejoras se han producido a través de un variado número de áreas de aplicación y han dado como resultado a su vez efectos cada vez más positivos sobre los servicios y los productos que suministran los SMHN de todo el mundo.

La evolución del SMO ha sido posible por los avances en la tecnología que han afectado a casi todos los aspectos de la vida cotidiana de este planeta. Con respecto al SMO, la tecnología ha dado lugar a mejoras espectaculares en los sistemas de observación terrestres y oceánicos.

Entre ellas se incluyen los sondeos atmosféricos desde radiovientosondas más precisos con capacidad para un Sistema de Posicionamiento

Global, sistemas de sondas a bordo de barcos y aeronaves comerciales con instrumentos a través del programa de Retransmisión de Datos Meteorológicos de Aeronaves (AMDAR). Todas ellas mejoran la recogida de mediciones de viento en niveles superiores.

Las estaciones meteorológicas automáticas desplegadas en zonas remotas funcionan con mejor fiabilidad bajo condiciones extremas; los sistemas avanzados de radar Doppler digital ofrecen medidas integradas in situ de viento y precipitación.

Las boyas oceánicas y de hielo tecnológicamente avanzadas ofrecen medidas del entorno de la capa límite del hielo de mares y océanos; un despliegue de flotadores a la deriva en todos los océanos proporciona información sobre el balance mundial de calor; y una serie de boyas fijas en el Océano Pacífico tropical permite conocer el fenómeno de El Niño y la Oscilación Austral (dispositivo de la Observación océano-atmósfera de los mares tropicales (TAO) del Programa sobre los océanos tropicales y la atmósfera mundial (TOGA)).

Los progresos en la componente espacial han sido igualmente impresionantes. La instrumentación ha evolucionado mucho más allá de la era de los sistemas de cámara vidicon sin calibrar utilizados en el primer Satélite de Observación de Televisión en Infrarrojo (TIROS) de los EE.UU. Ahora incluyen sistemas pasivos de imágenes en los espectros visible, infrarrojo y de microondas para deducir las propiedades de la atmósfera, las nubes, y la superficie de la tierra y del mar; sistemas pasivos de sondeo atmosférico en el infrarrojo y de microondas para determinar los

perfiles verticales de temperatura y humedad; e instrumentos activos de microondas para medir la precipitación, la altimetría del nivel del mar y el estado de la mar.

Al éxito temprano de las aventuras meteorológicas espaciales de los EE.UU. en la órbita polar y geostacionaria siguió el desarrollo de sistemas similares por parte de otras naciones, lo que dio como resultado un potente SMO espacial. Hoy en día, China, la Federación Rusa y los EE.UU. tienen sistemas de órbita polar y China, Europa, India, Japón y los EE.UU. poseen sistemas geostacionarios. Europa tiene planes para entrar en el mundo de los satélites de órbita polar y la República de Corea y la Federación Rusa planean suministrar servicios operativos para los Miembros de la OMM desde la órbita geoestacionaria.

Todos los sistemas polares y geostacionarios operativos ofrecen imágenes digitales en múltiples canales. Además, el sistema polar de los EE.UU. ofrece imágenes de microondas y datos de sondeo y tanto sus sistemas polares como los geoestacionarios ofrecen datos de sondeo en infrarrojos. Asimismo, la componente espacial actual del SMO está integrada por una robusta componente operativa que se complementa con una componente dinámica de investigación, con satélites de investigación que ofrecen imágenes multiespectrales de alta resolución y datos de sondeos hiperspectrales para el uso de los Miembros de la OMM, y que también permiten obtener la precipitación tropical, los vientos en la superficie del océano y la altimetría.

Plan de Implantación para la Evolución del SMO

Las recomendaciones (20) para el subsistema espacial trataban de: la calibración, las imágenes multiespectrales (decenas de canales) y el sondeo hiperspectral (miles de canales), el viento en la superficie del océano y la altimetría, la cobertura temporal para los satélites de órbita terrestre baja, los perfiles de viento y de aerosoles en la atmósfera obtenidos por sensores activos, las medidas mundiales de precipitación utilizando sensores activos de radar y pasivos de microondas y las sondas de ocultación de radio.

Las recomendaciones (27) para el subsistema terrestre trataban de: la cobertura, distribución y codificación de datos, un mayor uso de observaciones terrestres e in situ, el cambio hacia el uso operativo de observaciones seleccionadas, la optimización de la distribución y el lanzamiento de radiovientosondas, el desarrollo del programa AMDAR y de los sistemas alternativos AMDAR, las mediciones de la humedad atmosférica, el perfeccionamiento de las observaciones en las zonas oceánicas, la mejora de las observaciones en las zonas tropicales y las nuevas tecnologías de observación.

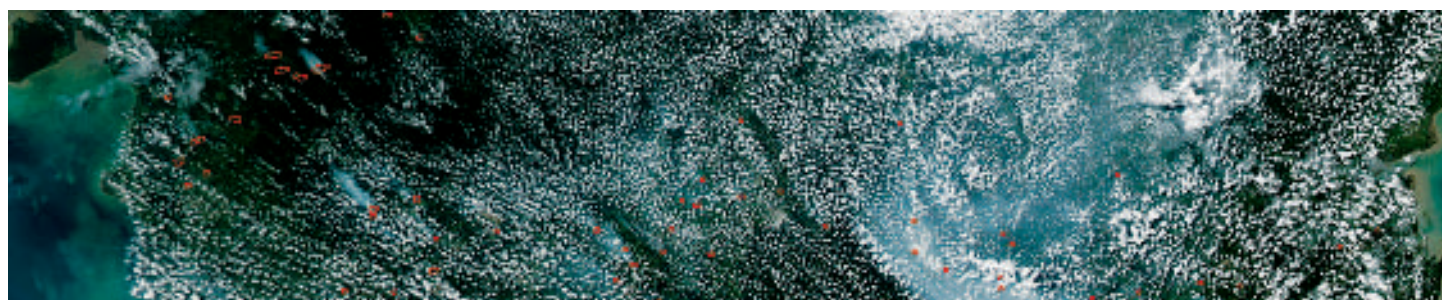
La evolución del SMO: el camino futuro

Se espera que el crecimiento del SMO continúe a un ritmo asombroso. Se esperan importantes mejoras en la precisión y en la oportunidad de las plataformas de datos tanto in situ como de teledetección. Además, se espera que el volumen de datos asociados al nuevo SMO, sobre todo los relacionados con los sistemas de satélite y de radar, crezca exponencialmente durante la próxima década. Un aspecto clave para obtener los beneficios de todos estos datos para el análisis y las predicciones de las condiciones medioambientales será el desarrollo y la implantación de sistemas sofisticados de asimilación de datos. El paso de la asimilación de datos resulta crucial para maximizar la solidez de cada sistema de observación a la vez que se minimizan sus puntos débiles a fin de mejorar el análisis, las condiciones iniciales

y las predicciones meteorológicas, hídricas y climatológicas posteriores, sobre todo de episodios extremos.

En el Congreso Meteorológico Mundial, la Comisión de Sistemas Básicos (CSB) de la OMM estudió la evolución del SMO y editó el Documento Técnico 1267 de la OMM: *WMO/TD No. 1267, Implementation Plan for Evolution of Space and Surface-Based Sub-Systems of the GOS [Plan de implantación para la evolución de los subsistemas espacial y terrestre del SMO]*. Uno de los objetivos principales del plan era ayudar a los Miembros a prepararse para los enormes cambios en el SMO que se anticipaban para las dos próximas décadas. Cuarenta y siete recomendaciones del plan ofrecían el marco para la evolución del SMO (véase el cuadro de arriba).

Los encargados de desarrollar el plan reconocieron su naturaleza evolutiva y, en consecuencia, ofrecieron comen-



tarios sobre la mayor parte de las recomendaciones, progreso si la actividad asociada ya estaba en marcha, acciones que reflejaban lo próximo que iba a ocurrir y calendarios para llevar a cabo la recomendación. La CSB está informando a sus Miembros de manera regular acerca del estado de la implantación recomendada en este plan.

Uno de los objetivos principales del plan era ayudar a los Miembros a prepararse para los enormes cambios que se anticipaban en el SMO. En ese documento se adelantaban tres temas que deben tratarse para implantar de forma satisfactoria un SMO evolucionado. Tratan de la continuidad, la utilización y la cooperación:

- El futuro SMO debería construirse a partir de los subsistemas existentes, tanto terrestres como espaciales, y sacar provecho de las tecnologías de observación existentes y nuevas que en la actualidad no están incorporadas o completamente explotadas: cada suma añadida al SMO se reflejará en

mejores datos, productos y servicios de los SMHN.

- El alcance de los cambios del SMO en las próximas décadas será tan impresionante que harán falta enfoques revolucionarios sobre la ciencia, el manejo de datos, el acceso a los datos, el desarrollo de productos, la formación profesional y la utilización. Resulta imperioso estudiar estrategias globales para anticipar y evaluar los cambios del SMO.

La implantación del nuevo SMO debería facilitar el fortalecimiento de la cooperación entre los Miembros en los ámbitos nacional, regional y mundial. La evolución del SMO en los países en vías de desarrollo debe tratar algunos de los temas que caen en las tres categorías siguientes: infraestructuras; formación profesional; y equipos y fungibles.

El Experimento de Investigación y Predictibilidad del Sistema de Observación (THORPEX) ayudará enormemente a la evolución del SMO. Se probarán las nuevas tecnologías y estrategias de adaptación en la observación y asimilación de datos y se

desarrollarán directrices para su uso dentro del SMO para predicciones meteorológicas en un marco temporal de una a dos semanas. Otros estudios tratarán de la explotación de los nuevos datos e información del SMO con vistas a su aplicación a la predicción inmediata y a estudios climáticos a escalas de estacional a interanual y a más largo plazo.

Estudios como los previstos en el THORPEX requieren de un sistema de observación estable de referencia frente al cual se puedan medir sus resultados. En el desarrollo de la visión de futuro del SMO para 2015 el subsistema espacial se basa en planes bien definidos por las agencias espaciales operativas y de investigación. Así, para el subsistema espacial esperamos, como punto de partida, un sistema mejorado, estable y operativo de análisis y predicción, complementado por una componente dinámica conocida de investigación. Esta se centrará en los temas esenciales de la observación y en los avances relacionados de la asimilación de datos necesarios para aprovechar al completo las observaciones mejoradas y las estrategias asociadas, sobre todo las relativas a las observaciones seleccionadas.

Otros sistemas y capacidades prioritarios de observación del SMOO que contribuyen al SMO son:

- Las capacidades de aviso de tsunamis en los océanos Pacífico y Atlántico y en el mar Caribe como parte del Sistema Internacional de Alerta de Tsunamis (<http://www.prh.noaa.gov/itic/>).
- El Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (<http://www.pol.ac.uk/psmsl/programmes/gloss.info.html>).

Requisitos para que el subsistema terrestre se convierta en una referencia viable

- Una Red Climatológica Básica Regional (RCBR) completa y estable integrada en una Red Sinóptica Básica Regional (RSBR). Algunos componentes pueden funcionar de manera flexible.
- Mejoras en el AMDAR y en la Notificación de Datos Meteorológicos Troposféricos de a bordo (TAMDAR).
- Una mayor cobertura oceánica que incluya los sondeos en altitud, las boyas a la deriva y los flotadores Argo. Esto suministraría unos valores de referencia estables frente a los que podrían compararse las nuevas tecnologías y estrategias de observación. Argo, las boyas a la deriva y las demás observaciones oceánicas también son elementos críticos del SMOO.

- El Experimento Mundial de Asimilación de Datos Oceánicos (www.uwgodae.org).

De esta forma, podemos ver que el siglo XXI estará lleno de oportunidades y desafíos. La intersección de los avances tecnológicos mencionados antes con los progresos en las capacidades de comunicación supone una oportunidad sin precedentes para sacar provecho del fenomenal crecimiento de los datos y de la información de que se dispondrá durante los 25 primeros años de este siglo.

De importancia especial es la evolución del Sistema de Información de la OMM (SIO), y la manera en la que permitirá el suministro de datos y de información y su uso dentro de un amplio dispositivo de sistemas de predicción basados en modelos para los Miembros a escalas adecuadas a sus necesidades.

Datos y modelos

La predicción numérica del tiempo depende de las medidas de la temperatura (y/o de la presión), de los vientos y de la humedad. No existe un solo sistema de observación que pueda suministrar los tres parámetros en el mismo lugar y tiempo con la precisión necesaria. Tampoco hay un solo sistema de observación que suministre una distribución uniforme (en el espacio y en el tiempo) de estas medidas. Tanto los componentes terrestres como espaciales del SMO suponen un importante desafío para obtener sistemas de asimilación de datos y de modelización que justifiquen los puntos fuertes de cada sistema de observación mientras evitan sus puntos débiles.

Por ejemplo, la asimilación de datos debería ser capaz de tener en cuenta

la baja resolución vertical y la buena resolución horizontal y la distribución espacial de los datos de satélite, a la vez que considera la buena resolución vertical y la escasa resolución horizontal y temporal de los datos de radiosondas. Igualmente, el sistema también debería ser capaz de tener en cuenta la buena resolución temporal y la pobre distribución espacial de los datos de aeronaves. Esperemos que a través de sistemas sofisticados de asimilación y de los modelos se pueda obtener una representación coherente de la atmósfera de la Tierra a partir de las medidas logradas con el SMO.

A lo largo de la próxima década, mediante los sistemas avanzados de satélite, el radar terrestre, el sistema AMDAR y otros sistemas in situ, se dispondrá de un número de datos

superior en más de un millón de veces. La mayor parte de esos datos se centrarán en la PNT mundial a través de complejos sistemas de asimilación de datos. Estos constituyen una componente inherente de todo el sistema de predicción. Aunque es altamente improbable que la totalidad de SMHN necesite todos los datos todo el tiempo, todos los SMHN sí que precisarán algunos de los datos todo el tiempo y parte de los datos en algún momento. Aunque los modelos parecen estar entrando en una era de observaciones seleccionadas, no hay duda de que para los SMHN sí que ha empezado una era de información seleccionada.

Hasta hace cinco años no era posible tratar de manera realista este problema. Sin embargo, hoy en día



El Experimento de Investigación y Predictibilidad del Sistema de Observación (THORPEX) ayudará enormemente a la evolución del SMO. Se probarán las nuevas tecnologías y estrategias de adaptación en la observación y asimilación de datos y se desarrollarán directrices para su uso dentro del SMO para predicciones meteorológicas en un marco temporal de una a dos semanas.

En la medida que crece la demanda de servicios de usuario de los Miembros, es razonable esperar que aumenten las necesidades de los Miembros del SMO. En el pasado, los requisitos mundiales de datos de la PNT

Tanto los Experimentos sobre los Sistemas de Observación (OSE) como los Experimentos de Simulación de Sistemas de Observación (OSSE) han demostrado con claridad que la asimilación continua de datos de alta resolución en esos modelos da como resultado mejores predicciones mundiales. Durante la década pasada esto ha cambiado de tal modo que para ofrecer las mejores predicciones los CMPD modernos necesitan hoy todos los datos de las observaciones en altitud —no solo los datos de niveles importantes— y también los

La distribución de las crecientes cantidades y tipos de datos para la OMM y los programas relacionados se está desarrollando en el Futuro Sistema de Información de la OMM (FSIO: <http://www.wmo.ch/web/www/FWIS-Web/homefwis.html>). El FSIO se basará en el actual Sistema Mundial de Telecomunicaciones, que distribuye datos entre los centros de proceso.

Algunos temen que el papel del ser humano disminuya con esta revolución tecnológica. Nada puede estar más alejado de la realidad. Algunas actividades serán reemplazadas por medio de unos mejores usos de la tecnología. Sin embargo, el aumento del volumen de datos, de productos y de áreas de aplicación, y nuestra capacidad para vigilar y predecir a escala mundial situarán al ser humano en el mismo centro de la manera de usar esa información óptimamente, de forma cotidiana, en un número enorme de campos.



Anticipar el tiempo de la próxima semana permitirá que las aplicaciones se centren en la mitigación de los desastres naturales concentrándose en regiones proclives a crecidas, por ejemplo, y gestionando después la información y el flujo de datos al SMHN, lo que posibilitará que se traten los efectos de los fenómenos de manera eficaz y oportuna. De esta forma, será de importancia vital formar a una comunidad de usuarios cada vez más diversa en la manera de utilizar el sistema y de acceder a los datos correctos para una aplicación específica.

Además, la formación profesional en aplicaciones avanzadas de datos de satélite y en su uso en predicciones inmediatas y en sistemas de predicción numérica adquirirá cada vez más importancia. Los datos de satélite ofrecerán información para toda una gama de aplicaciones en tiempo real que van desde la predicción inmediata de situaciones de tiempo adverso y de crecidas a la detección y vigilancia de zonas de fusión de nieve, suelo húmedo, incendios, aerosoles, temperatura en superficie para golpes de calor y campos de salida de modelos de predicción. Con el aumento masivo de la información y de los datos que estarán disponibles a lo largo de la próxima década, es necesario que la OMM incluya aún más oportunidades de formación profesional, sobre todo la relacionada con el desarrollo y la aplicación de diseños de sistemas más sofisticados de asimilación de datos con el futuro SMO en mente.

Fuertes lazos con el GEOSS

El fenomenal incremento de la capacidad que se espera en el SMO lo sitúa en una intersección natural

con el GEOSS. Ciertamente, hay una yuxtaposición clara entre el SMO y el GEOSS. En junio de 2004, en la LXVI reunión del Consejo Ejecutivo de la OMM se declaró formalmente que varios sistemas de la OMM, incluidos el SMO y el SIO, deberían ser tenidos en cuenta como componentes centrales del GEOSS. Además, a largo plazo, el SMO es, de alguna manera, transversal a cada una de las nueve áreas de beneficio social del GEOSS, algunas de manera bastante importante:

- Mejora de la información, de la predicción y de las alertas meteorológicas.
- Reducción de las muertes y de la pérdida de propiedades por desastres naturales e inducidos por el hombre.
- Mejora de la gestión de los recursos hídricos a través de un mejor conocimiento del ciclo hidrológico.
- Conocimiento, evaluación, predicción, mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio del clima.
- Mejora de la gestión y de la protección de los ecosistemas terrestres, costeros y marinos.
- Conocimiento de los factores medioambientales que afectan a la salud y al bienestar del hombre.
- Mejora de la gestión de los recursos energéticos.
- Apoyo a la agricultura sostenible y lucha contra la desertificación.
- Conocimiento, vigilancia y conservación de la biodiversidad.

La OMM contribuye de manera importante al GEOSS y acoge a la Secretaría del Grupo de Observación de la Tierra (GOT) intergubernamental en su sede de Ginebra. La OMM también contribuye de manera importante al SMOO. El SMOO consta de componentes del océano mundial y del océano costero y tiene varios submódulos: el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), el Grupo sobre Recursos Marinos Vivos, la Salud de los Océanos y el Sistema Mundial de Observación Terrestre. De hecho, el programa del SMOC, del que la OMM es el patrocinador principal, se ha reconocido como la componente climática formal del GEOSS; el Plan de Implantación del SMOC, que puede encontrarse en <http://www.wmo.int/web/gcos/gcoshome.html>, es parte del esfuerzo global de implantación del GEOSS.

Las componentes espacial y terrestre de la VMM se encuentran entre los principales contribuyentes al GEOSS. La observación y la predicción precisa del medio ambiente de la Tierra resultan críticas para la salud, la seguridad y la prosperidad de las naciones. A medida que aumentan las responsabilidades de los Miembros de la OMM para abarcar mayores papeles en la vigilancia y la predicción del medio ambiente, muchos de los subsistemas que contribuyen al GEOSS y que no forman parte de la VMM se volverán importantes para los Miembros de la OMM.

Con demasiada frecuencia nos encanta dar un valor económico a la necesidad de justificar la vigilancia del clima, el tiempo y el medio ambiente de la Tierra y también nuestra capacidad para predecirlos. Como se reconoce claramente en el Plan de Implantación a 10 Años del GEOSS:



Resolución 40

En el Duodécimo Congreso Meteorológico Mundial se adoptó la Resolución 40 (Cg-XII), Política y prácticas de la OMM para el intercambio de datos y productos meteorológicos y afines, incluidas las directrices sobre las relaciones en las actividades meteorológicas comerciales.

La adopción de esta resolución hace 10 años constituyó un hito en la historia de la OMM, y garantizaba que sus Miembros podrían intercambiar datos y productos gratis y sin condiciones sobre su uso.

Conocida simplemente como la Resolución 40, cuatro años después la siguió una resolución similar que se refería a los datos hidrológicos (Resolución 25 (Cg-XII)).

Conocer el sistema de la Tierra —su meteorología, su climatología, los océanos, las tierras, la geografía, los recursos naturales y los peligros naturales e inducidos por el hombre— resulta crucial para mejorar la salud, la seguridad y el bienestar del hombre, aliviar el sufrimiento humano (incluida la pobreza), proteger el medio ambiente mundial y alcanzar el desarrollo sostenible.

La razón por la que queremos vigilar el —pulso de nuestro planeta— no es tanto por el beneficio económico sino por la salud y el bienestar del hombre, a la vez que aprendemos cómo mantener el futuro de la humanidad en nuestro planeta Tierra en evolución.

El futuro del SMO y de los SMHN

No cabe duda de que estamos mejorando nuestra capacidad para utilizar los datos del SMO. La razón es, claramente, que hay más y mejores observaciones y nuestra capacidad para utilizarlas. Hoy en día hemos perfeccionado los modelos de alta resolución con una mejor física, asociada a mejores observaciones con unos potentes sistemas de asimilación de datos. A medida que evoluciona el SMO, el progreso continuado en la ciencia, los modelos y la asimilación de datos, unido a la concienciación de la importancia de las transiciones, nos ayudará a lograr la utilización completa. Conforme avanzamos, hay algunos asuntos críticos que acompañarán a la implantación del SMO en evolución:

- Es necesario considerar las grandes implicaciones de las observaciones especializadas, haciéndose imprescindible desarrollar las directrices sobre la especialización después de un cuidadoso estudio científico.
- Hay que analizar a fondo el grado de adaptación con que la observación se implanta dentro del SMO. Observaciones que pueden no juzgarse como necesarias en un momento particular en una parte del mundo pueden ofrecer información valiosa en otro lugar.
- La forma en la que los Miembros pueden obtener el mejor beneficio a partir de las enormes cantidades de datos de los que se dispondrá.
- El modo en que formamos a los Miembros para utilizar completamente los datos del SMO sin perder oportunidades.

- Aunque no todos los Miembros tendrán capacidad para enfrentarse a los conjuntos completos de datos, todos los Miembros tendrán la responsabilidad de contribuir plenamente al SMO en evolución; esto puede requerir mejoras en la política de intercambio de datos.

Las áreas de aplicación se están ampliando enormemente con una oportunidad de crecimiento sin paralelismos. Para casi todas las áreas dadas de aplicaciones, abundarán las oportunidades de explotar conjuntos de datos múltiples desde gran variedad de sensores, todos con características distintas. Los volúmenes de datos serán tremendos en comparación con los sistemas operativos de la actualidad: al menos seis veces mayores.

Deberíamos esperar grandes mejoras en el SMO, incluida una resolución espacial y temporal muy alta con los sensores pasivos y activos tanto espaciales como terrestres. En concierto con estas nuevas capacidades, debemos prepararnos para un vasto crecimiento del volumen y el contenido de los datos que facilitarán los sistemas en las primeras décadas del nuevo siglo. En el horizonte está la promesa de mejores datos para los distintos servicios que ofrecen los Miembros. Tendremos una ciencia mejor mediante la realización de las oportunidades ofrecidas por el futuro SMO a través de nuevos enfoques, de asociaciones internacionales y de equipos científicos.

La planificación para el SMO del mañana debe tener en cuenta todos los recursos de la observación, sacando provecho de todos sus puntos

fuertes como los componentes clave de un GEOSS global y mantenido. A medida que aprovechemos la promesa de futuro, se producirán grandes cambios en la forma de enfocar la gestión de datos, la ciencia, el desarrollo de productos, la formación profesional y la utilización. Para prepararnos para la desalentadora tarea de vigilar y conocer el sistema terrestre a partir de estos nuevos datos y garantizar su completa utilización, debemos trabajar juntos en asociaciones mundiales de tipo científico y operativo.

Avanzamos a partir de los éxitos de hoy y de la planificación y el desarrollo de mecanismos adecuados centrados en la explotación como una comunidad mundial asociada: el usuario, los grupos científicos nacionales e internacionales, las agencias operativas, las agencias de satélites de investigación y la OMM. Es un desafío, pero debemos afrontarlo.

Nos esforzamos por lograr la explotación completa, pero, ¿de quién es la responsabilidad de garantizar

que el futuro SMO se utilice para maximizar el beneficio en una determinada área de aplicaciones: del usuario, de los grupos científicos nacionales e internacionales, de las agencias operativas, de las agencias de investigación, de la OMM? De hecho, la responsabilidad recae en todos los colectivos. A este respecto, el SMO, como contribuyente principal al GEOSS, ofrecerá un mayor espectro de usuarios e incrementará, además, el valor de sus observaciones.