

INTRODUCCION AL SISTEMA MUNDIAL DE OBSERVACION DEL OCEANO (SMOO)

Por Wolfgang SCHERER¹, Albert TOLKACHEV¹
Gunnar KULLENBERG² y Muriel COLE³

Introducción

El Sistema Mundial de Observación Oceánica (SMOO) lo inició la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI). El Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC), la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) han acordado cooperar en esta empresa. La necesidad del SMOO fue reclamada por la Segunda Conferencia Mundial del Clima (Ginebra, octubre/noviembre 1990) y por la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), Río de Janeiro, junio 1992).

Es esencial que comencemos ahora a desarrollar el SMOO como un marco de trabajo mundial para que las observaciones sistemáticas del océano satisfagan las necesidades de la predicción del cambio y de la variabilidad climáticos; para evaluar la salud o el estado del medio ambiente marino y de sus recursos, incluidas las zonas costeras; y para apoyar en un proceso mejorado de gestión y de toma de decisiones, que tenga en cuenta los cambios potenciales naturales y causados por el hombre y sus efectos sobre la salud humana y sobre los recursos.

La oceanografía está preparada para ser operativa. Los resultados de experimentos tales como el programa Océano Tropical- Atmósfera Mundial (TOGA) (véase *el Boletín de la OMM* 41 (4)) han indicado que los beneficios económicos que se deriven de las observaciones oceánicas sistemáticas a largo plazo podrían ser mucho mayores que la inversión requerida para desarrollar y mantener el sistema. El SMOO será la forma de contribuir y asimismo proporcionará los retornos de los muchos años

de investigación que se han realizado para mejorar nuestra comprensión de los procesos oceánicos.

La capacidad de determinar el estado actual de los sistemas y de predecir las condiciones futuras es la piedra angular para la protección y gestión adecuadas de los océanos y de las zonas costeras y para la utilización y desarrollo racional de sus recursos, tanto vivos como inertes."

Aunque no tenemos, y no tendremos, una comprensión perfecta de estos procesos, sabemos lo suficiente como para desarrollar una capacidad predictiva, pero no lo podremos hacer sin los datos del sistema de observación a largo plazo. Dichas capacidades predictivas son esenciales para identificar los problemas medioambientales que surjan en una etapa inicial, cuando todavía sea posible tomar las acciones que los remedien. Finalmente se necesita la información deducida del SMOO para determinar el adecuado balance entre la protección medioambiental y el desarrollo económico.

Como en el caso del clima mundial, las opiniones consensuadas de los expertos esperan que, con el continuo aumento del contenido de gases invernadero en la atmósfera, tenga lugar un calentamiento mundial, aunque hay una gran incertidumbre sobre su ritmo y magnitud. La elasticidad e inercia del sistema climático están determinadas principalmente por la gran memoria del océano. Los avances en la simulación y comprensión de los procesos oceánicos se han visto impulsados por los ordenadores muy potentes y por la capacidad de modelar, pero se ven limitados gravemente por la falta de datos. La única forma de reducir las incertidumbres es, por tanto, la obtención de una adecuada base de datos oceánica mundial, mediante un sistema científicamente fundamentado y mantenido. Esta base de datos, conjuntamente con los sistemas

¹ Oficina de apoyo al SMOO, COI

² Secretario de la COI

³ Anteriormente en la Secretaría de la COI

de modelización, hará posible una mejora en las predicciones. Solamente entonces las naciones individuales dispondrán de suficiente información para poder mejorar con acciones responsables.

El SMOO se dedicará no sólo a las necesidades climáticas. Actualmente la planificación se compone de cinco módulos: a), vigilancia, evaluación y predicción del clima; b), vigilancia y evaluación de los recursos vivos marinos; c), vigilancia del medio ambiente de las zonas costeras y de sus cambios; d), evaluación y predicción de la salud de los océanos, y e), servicios operativos oceanográficos y de meteorología marítima. Los principales elementos del SMOO son las observaciones oceanográficas y los análisis operativos, la distribución puntual de datos y productos, la asimilación de datos en modelos numéricos que lleven a predicciones, y la construcción de la capacidad en los Estados Miembros de desarrollar posibilidades de análisis y de aplicaciones.

El SMOO se desarrollará con una sólida base científica utilizando los resultados de los actuales programas de investigación, incluidos el Experimento de la Circulación Oceánica Mundial (WOCE), el TOGA y el JGOFS (Estudio Conjunto del Flujo Oceánico Mundial) y PIGB (Programa Internacional Geosfera-Biosfera). Los programas operativos, tales como el Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos (SGISO), el programa Internacional de Intercambio de Información y Datos Oceanográficos de la COI (IODE) y el Estudio Mundial del Nivel del Mar de la COI (GLOSS) constituyen los cimientos. El SMOO utilizará los métodos de observación operativos, tanto de teledetección como las medidas *in situ* obtenidas por observaciones desde barcos, sistemas anclados o amarrados, boyas a la deriva y flotadores submarinos. El SMOO estimulará el aumento de dichos sistemas y considerará la utilización de sistemas recientemente diseñados tales como los vehículos submarinos autopropulsados y la propagación acústica de largo alcance en el océano.

Se pondrá énfasis en el libre intercambio de datos con bases de datos accesibles a todos los países participantes. Como resultado, se verá aumentado el valor de las observaciones individuales para una nación. Debido a la magnitud de la empresa y a sus

potenciales beneficios, se anima a participar a todos los países.

El SMOO se desarrollará por fases: a), una fase de planificación incluida la conceptualización, diseño y definición técnica; b), demostraciones operativas de cada uno de los cinco módulos; c), ejecución de los aspectos permanentes del SMOO, y d) evaluación continuada y mejora de los aspectos individuales del sistema completo. Se pondrá énfasis en los temas en que se puedan obtener aplicaciones prácticas en un lapso relativamente corto.

Fundamentos

¿Por qué el océano?

Actualmente estamos sometidos a una presión sin precedentes sobre nuestros recursos naturales. El desarrollo mantenible de estos recursos se ve impedido por nuestra incapacidad para detectar en una primera fase los problemas medioambientales que van surgiendo, cuando todavía son posibles las medidas paliativas. En ninguna parte es tan pronunciada esta insuficiencia como en la zona marina. Los ciclos energéticos mundiales y los procesos biológicos de los que depende toda vida están influidos críticamente por el océano. Sin embargo, nuestro conocimiento del océano y del impacto de la humanidad sobre él sólo actualmente está comenzando a reconocer la complejidad e interdependencia de todos los aspectos del sistema. Una mejora en los conocimientos y en las capacidades predictivas constituirán la base de una utilización mantenible y más efectiva del entorno marino, con los beneficios económicos asociados.

El Convenio Marco sobre Cambio Climático y el Convenio sobre Biodiversidad firmado en la CNUMAD nos compromete ya a establecer un sistema de observación adecuado para desarrollar el conocimiento y para controlar el cambio. Muchos de los procesos que controlan la variabilidad y el cambio del clima mundial están a su vez controlados por los procesos oceánicos. La percepción pública del riesgo sólo se facilita cuando se ve que los gobiernos mantienen una vigilancia estrecha del medio ambiente, incluido el océano.

¿Por qué ahora?

Las soluciones a los problemas medioambientales son caras, y el coste

aumentará dramáticamente a medida que decaiga la calidad del medio ambiente. Cuanto antes podamos predecir adecuadamente los cambios futuros en nuestro medio ambiente, antes podremos empezar a seleccionar opciones y fondos para las soluciones. Los potenciales efectos del cambio climático agravan los actuales problemas medioambientales y añaden otra dimensión a su complejidad. Actualmente existen incertidumbres con respecto a las causas, ritmo y cronometraje del cambio climático.

La larga memoria del océano es una clave para resolver estas incertidumbres. Los océanos son tanto una fuente como un sumidero de dióxido de carbono. Actualmente hay un acuerdo general de que no podemos avanzar en la predicción de la variabilidad y del cambio climático sin una vigilancia a largo plazo del océano. La componente climática del SMOO servirá de componente oceánica del Sistema Mundial de Observación Climática (SMOC). El establecimiento de estos sistemas es un requisito previo para la planificación inteligente de acciones que mitiguen las manifestaciones indeseables del cambio climático. Por ejemplo, la pregunta de cómo responderá el nivel del mar al cambio climático –tanto natural como originado por el hombre– es crucial para muchas naciones, y el debate no se zanjará sin un adecuado sistema de observación.

Por primera vez, se dispone de la tecnología para obtener observaciones sistemáticas mundiales de los océanos y para procesar e interpretar el tremendo volumen de datos generados. Con las nuevas misiones de satélites que se están planteando para este decenio, se multiplicará la cantidad de datos de teledetección disponibles. Y los avances realizados en la comprensión científica contribuyen a nuestra capacidad para desarrollar el SMOO con una sólida base.

El desarrollo en la modelización necesario para reducir las incertidumbres ha alcanzado un rellano; los conjuntos de datos más precisos y completos son críticos. Aunque el WOCE, TOGA, JGOFS y otros programas de investigación del cambio mundial están recopilando datos, son limitados en cuanto a la cronología; no están diseñados con el propósito de proporcionar observaciones operativas sistemáticas más allá de las fechas de finalización programadas. El lapso de anticipación que es necesario para poner en marcha un sistema operativo de

observación oceánica para el período post-TOGA/ WOCE/JGOFS requiere de su definición ahora y de su inmediata ejecución inicial.

La única forma de reducir las incertidumbres (sobre el cambio climático mundial) es la obtención de una adecuada base de datos oceánica mundial, mediante un sistema científicamente fundamentado y mantenido. Solamente entonces los Estados individuales dispondrán de suficiente información para poder mejorar con acciones responsables.

Objetivos y alcance

El objetivo del SMOO es asegurar las adecuadas observaciones sistemáticas, permanentes y mundiales de los océanos para predecir el cambio y la variabilidad climáticos; para evaluar la salud o el estado del medio ambiente marino y de sus recursos, incluida la zona costera; y para apoyar una mejora en el proceso de gestión y de toma de decisiones, que tenga en cuenta los cambios potenciales, tanto naturales como causados por el hombre, en el medio ambiente y sus efectos sobre la salud humana y los recursos. El SMOO proporcionará un mecanismo y una infraestructura para que los datos y la información estén disponibles en diferentes escalas cronológicas y para las naciones participantes. El compromiso nacional y el aumento en la capacitación, tendrá como resultado un reforzamiento en las capacidades de observación nacionales.

El SMOO es un sistema coordinado internacionalmente para la recopilación sistemática y operativa de datos oceánicos (medidas), el análisis de datos, el intercambio de datos y subproductos obtenidos de ellos, el desarrollo y transferencia de tecnología. El SMOO utilizará una estrategia coordinada mundialmente y fundada científicamente para permitir la vigilancia y la posterior predicción de los cambios medioambientales a escala mundial regional y nacional. Los datos se obtendrán tanto mediante teledetección como por instrumentación en la superficie del mar o submarina, del océano abierto y de las regiones costeras, incluidos los mares cerrados y semicerrados. Los datos deberían incluir las propiedades físicas, químicas y biológicas principales que se han identificado como necesarias para satisfacer las necesidades descritas más arriba.

Método básico

El SMOO se desarrollará a partir de los sistemas de recopilación de datos operativos y científicos ya existentes, tales como el SGISO, IODE y GLOSS, y de los que actualmente se están planificando. El diseño del SMOO, y la utilización de los datos del SMOO, precisa estar íntimamente ligado con los avances recientes y que se están produciendo en la modelización numérica del océano y de los sistemas acoplados atmosfera-océano. El SMOO utilizará la teledetección de la superficie oceánica por los satélites y las medidas *in situ*, mediante las observaciones desde barcos, los sistemas de observación anclados o amarrados, las boyas a la deriva y los flotadores submarinos. Se fomentará el desarrollo de nueva tecnología. La tecnología experimental se irá incorporando a medida que sea útil operativamente, p.e., la propagación acústica en largas distancias a través del océano y los vehículos automáticos submarinos autopropulsados. Inicialmente, las medidas describirán algunas de las características físicas, químicas y biológicas de los océanos, mares marginales y aguas costeras. La observación continua y la vigilancia utilizando técnicas concordantes que produzcan datos compatibles permitirán la detección de tendencias, la vigilancia y la comparación entre regiones y el cálculo de los cambios mundiales totales.

Es importante demostrar en este decenio la efectividad del SMOO. Las zonas en las que se pondrá un énfasis inicial (enumeradas más abajo detrás de cada módulo) son aquellas que puedan dar como resultado información y productos necesarios, o aumentar los que son útiles ya existentes, en el marco de un lapso relativamente corto. Se generarán cada año productos adicionales de los datos, a medida que el SMOO se desarrolla e integra, comenzando con el establecimiento operativo en 1995. Inicialmente, los productos del SMOO se basarán en parámetros o tipos de observación simples, tales como condiciones del oleaje, temperatura de la superficie del mar, hielos marinos o profundidad de la termoclina. Más tarde, los productos más sofisticados se basarán en la síntesis de varios parámetros. Tal caudal de productos mostrará desde el principio y de forma continuada beneficios sociales y económicos, a medida que se puedan hacer aplicaciones e interpretaciones

para fines de planificación y de toma de decisiones a nivel local y nacional.

Cuando esté totalmente operativo, el SMOO proporcionará conjuntos de datos oceánicos que permitirán la realización de análisis y predicciones oceanográficos regulares, mundiales y regionales, nuevos o mejorados (de carácter mensual, estacional o anual). Se supone que para cada tipo de producto hay un rango de escalas cronológico y espacial, que van desde la local y a corto plazo a la mundial y a un plazo de varios decenios. En términos prácticos, esto significa desde unos 100 km y tres días hasta una cobertura mundial sobre uno o dos decenios. Podrían producirse muchos productos a corto plazo y locales o regionales –algunos con precisión limitada– por un solo programa o institución. A medida que se aumentan las escalas cronológicas espaciales de las predicciones, aumenta el valor añadido producido por el SMOO. Además, la precisión de los productos y predicciones se aumenta mucho, incluyendo parámetros asociados en la predicción mediante modelos para un parámetro particular. Estas directrices se ven facilitadas por la disponibilidad de conjuntos de datos mundiales normalizados para los parámetros adicionales, generados en el marco del SMOO.

“La oceanografía está preparada para ser operativa. El SMOO será la forma de pagar, por los muchos años de investigación, para mejorar nuestra comprensión de los procesos oceánicos.”

No será posible muestrear el océano con suficiente densidad en la cronología y en el espacio para proporcionar una descripción adecuada solamente mediante medidas. Sólo por medio de la asimilación de datos en modelos adecuados se obtendrá la máxima ventaja de los datos, y sólo mediante la utilización de modelos será posible hacer predicciones. Los modelos pueden reunir las observaciones y ponerlas en un contexto adecuado. También pueden ayudar a identificar la naturaleza y la localización de las observaciones más cruciales. El diseño del SMOO incluye el concepto de interdependencia entre las observaciones, la asimilación de datos y los modelos numéricos. Se prevé que los modelos de predicción que actualmente están

siendo desarrollados se puedan inicializar y actualizar regularmente con datos del SMOO. Los datos procedentes de un sistema de observación mundial deben estar disponibles puntualmente para los investigadores, para los modelizadores de la predicción, para los gestores y para otros usuarios. Este requerimiento de puntualidad es menos restrictivo que en el caso de la predicción del tiempo, puesto que las escalas cronológicas inherentes son más largas. Los datos deben archivararse también adecuadamente, de forma que puedan establecerse referencias climatológicas precisas. Sin embargo, las salidas de los modelos, las predicciones y las interpretaciones relacionadas necesitan ser suministradas de una forma puntual a las comunidades de usuarios y a los responsables de toma de decisiones.

Se precisa poner en marcha una formación, entusiasmo y esfuerzos de asistencia mutua e iniciativas de transferencia de tecnología sustanciales para capacitar a todos los países para participar en el SMOO y para interpretar y aplicar los datos e información resultantes. Muchos países sufren de falta de instalaciones y de personal cualificado para analizar e interpretar los datos. Deben asegurarse los intercambios de productos y tecnología. La COI está fomentando el concepto de asociación entre países desarrollados y en desarrollo.

Tales capacidades predictivas (a largo plazo) son esenciales para identificar los emergentes problemas medioambientales en una etapa inicial, cuando todavía sea posible tomar las acciones que los remedien. Finalmente se necesita la información deducida del SMOO para determinar el adecuado balance entre la protección medioambiental y el desarrollo económico.

Financiación

Los sistemas observacionales existentes están financiados por una combinación de programas operativos y de investigación. Es esencial que el SMOO se establezca con una nueva financiación operativa, como un servicio permanente en lugar de depender de los esfuerzos de recopilación de datos

correspondientes a las actividades de investigación que son de una duración limitada.

Los recursos requeridos para un SMOO plenamente operativo constarán de dos partes: aquellos recursos ya comprometidos e identificados para los programas observacionales en ejecución y planificados y los recursos adicionales requeridos para establecer las capacidades observacionales adecuadas al medio ambiente marino.

Todavía no se ha realizado una estimación detallada de los costes. Las estimaciones preliminares sugieren que las inversiones adicionales necesarias son de cuatro a diez veces la actual inversión, aunque los beneficios aumentados amorticen dicha inversión varias veces más. En la sección siguiente se dan ejemplos de beneficios.

Debido al desarrollo en fases del SMOO, cada una con productos definidos, los gobiernos pueden revisar sus compromisos con el sistema a intervalos regulares. Se les está solicitando apoyo para la siguiente fase de planificación de dos años del SMOO, la fundación de una Oficina de apoyo al SMOO en la Secretaría del COI, la financiación de un Comité científico y técnico conjunto del SMOO, y el establecimiento de un fondo de apoyo al SMOO como parte del fondo de crédito al COI. También se solicita a los gobiernos que indiquen en principio su apoyo a las siguientes fases de planificación del SMOO y a los despliegues operativos del SMOO.

Aplicaciones prácticas y beneficios económicos

La capacidad de determinar el estado actual de los sistemas y de predecir las condiciones futuras es la piedra angular para la protección y gestión adecuadas de los océanos y de las zonas costeras y para la utilización y desarrollo racional de sus recursos, tanto vivos como inertes. Con frecuencia, la gestión efectiva de los océanos y de las zonas costeras está limitada por el alto grado de incertidumbre en la información actual. Necesitamos desarrollar la capacidad de predecir los cambios tanto naturales como antropogénicos en los ecosistemas marinos y costeros. Finalmente, la consecución de un balance mantenible entre la protección medioambiental y el desarrollo económico no es posible sin capacidades predictivas.

La gran escala cronológica de los cambios y la gran memoria de los océanos ofrece a los responsables de toma de decisiones una

oportunidad única para planificar los cambios, ya que en este supuesto se dispondrá de predicciones fiables suponiendo que se posean los datos adecuados. Este lapso de anticipación permite una planificación inteligente de las acciones de mejora, que tendrán como resultado ahorros apreciables.

También hay muchas incertidumbres sobre el cambio climático y la elevación del nivel del mar. Las estrategias de respuesta deberían basarse en una información sólidamente fundada. Son esenciales los sistemas mejorados para recopilar, interpretar, sintetizar y difundir los datos e información sobre sistemas marinos o costeros para reducir las incertidumbres y para mejorar la predictibilidad.

Los mares, especialmente las zonas costeras, están cada vez más contaminados desde los suelos adyacentes por intermedio de los ríos y de la atmósfera y por las actividades marítimas y de vertidos de basura, en una escala que amenaza con desequilibrar las funciones ecológicas y reducir los recursos marinos vivos. Las medidas efectivas de gestión y control que se tomen por los países individuales requieren de una información regular y fiable sobre la distribución, el transporte y el destino de los diferentes contaminantes de distintos orígenes en el océano y sobre su difusión a escalas regional o mundial.

Las capacidades predictivas que se deriven o que se aumenten por el SMOO darán como resultado beneficios socioeconómicos en muchos sectores. Se puede utilizar un conjunto básico de observaciones oceánicas para generar y apoyar un amplio abanico de productos económicamente importantes. Se vislumbra que las operaciones y los servicios ofrecidos por las agencias meteorológicas se beneficiarán considerablemente de un SMOO totalmente desarrollado. Estas agencias hacen ya un uso extensivo de los datos oceánicos y proporcionan una contribución esencial al bienestar económico de los países. Las predicciones en el futuro de vientos, temperaturas, oleaje y corrientes para períodos entre días y semanas aumentará la eficiencia y seguridad y reducirá los costes de las operaciones marítimas, tales como la pesca, los itinerarios de barcos, las

operaciones costeras de extracción de gas y petróleo, la respuesta a los vertidos accidentales y las operaciones de búsqueda y rescate. Los avisos anticipados de situaciones meteorológicas violentas o potencialmente peligrosas o de inundaciones ayudan a proteger las vidas y las propiedades y a facilitar las actividades en el comercio, la agricultura, la energía, el transporte y el uso del agua. Probablemente se van a mejorar estas predicciones y a alargar su plazo cuando se disponga de más datos oceánicos del SMOO.

Los beneficios económicos se han demostrado recientemente en Perú. Como punto focal del programa TOGA, el Pacífico oriental es actualmente una de las zonas oceánicas más densamente muestreadas del mundo. Este nuevo conjunto de datos, casi en tiempo real, se ha utilizado para desarrollar un modelo oceánico operativo preliminar del Océano Pacífico superior en el que los datos se asimilan regularmente. Como resultado, es actualmente posible hacer predicciones de los episodios de *El Niño* con cierta pericia en escalas cronológicas desde meses a un año. El conocimiento con suficiente anticipación de la probabilidad de su aparición constituye la base de un afortunado experimento nacional en Perú (que se introducirá pronto en Ecuador) para el asesoramiento a los granjeros sobre plantar algodón o arroz con el fin de maximizar las cosechas. También constituye el fundamento de la predicción a largo plazo en otras partes del mundo como por ejemplo, la precipitación y la temperatura por encima o por debajo de la media. Los actuales estudios en China indican que hay una relación entre *El Niño* y el clima invernal en el sudeste de China. Si se valida, las decisiones relativas a las cosechas podrían también incluir a China. Los economistas estiman que, solamente en el sector agrícola de los EE.UU., podrían ahorrarse 240 millones de dólares por año si los casos de *El Niño* pudieran predecirse con nueve meses de anticipación. Actualmente hay la capacidad científica para hacer estas predicciones; no así los datos rutinarios.

Se prevé que en el siglo XXI las predicciones climáticas se preparen, difundan y analicen tan rutinariamente como se hace ahora con las predicciones del tiempo.

