

Oceanografía operacional: un nuevo reto

Gregorio PARRILLA BARRERA
Instituto Español de Oceanografía,
Corazón de María, 8, 28002 Madrid, España

RESUMEN

Se ha acuñado el concepto Oceanografía Operacional, o sea toda aquella actividad que comprende las medidas y muestreos hechos en los océanos, mares y atmósfera, así como su difusión e interpretación, todo ello de un modo rutinario. Este concepto surge de la cada vez más acuciante necesidad por parte de muchos sectores: industrial, servicios, administrativo, legislativo, etc., aparte del científico, del establecimiento de un sistema de observación del océano similar al meteorológico. Los principales organismos internacionales relacionados con el océano, atmósfera, clima y cambio global, así como otras importantes conferencias mundiales, apoyan y promocionan tal sistema. Con el fin de desarrollarlo, establecerlo y utilizar sus resultados de una manera eficiente, se han creado varios programas internacionales que ya han elaborado sus planes científicos e iniciado la fase experimental.

ABSTRACT

A new concept has been minted: Operational Oceanography, the activity of systematic and long term routine measurements of the seas and oceans and atmosphere, and their rapid interpretation and dissemination. This concept arise from the more and more pressing need from many different sectors: industry, service, policy making, etc., besides the scientific one, of the establishment of a system of ocean observation similar to the meteorological one. The main international organisms related to the ocean, atmosphere, climate and global change, as well as other important World conferences support and promote such a system. With the purpose of fostering it and learning how to profit from it, several internationals programmes have been created. Their scientific plans has been prepared and the experimental phase initiated.

1. INTRODUCCIÓN

Las grandes expediciones oceanográficas comenzaron a finales del siglo XIX, G. Wust (1964) las clasificó, hasta 1960, en cuatro grandes grupos. El primero (entre 1873-1914) corresponde a la llamada época de la exploración, cuyo paradigma es la expedición del Challenger y, posteriormente, la del Planet. Entre 1925 y 1940 tuvo lugar la de las campañas sistemáticas, restringidas a áreas más limitadas del océano. Esto permitió un estudio más detallado de los

mecanismos físicos y las comunidades ecológicas que el llevado a cabo por las extensas y ralas campañas de la época anterior; ejemplo de ellas son las campañas del Discovery, Dana y Meteor. Después de la segunda guerra mundial, desde 1947, hasta 1957 se desarrolló la época de las nuevas tecnologías y métodos en todas las disciplinas, en particular en geofísica y geología, pues ya se preveía la explotación de recursos marinos de las grandes profundidades. Por último, a partir de 1957 empezó el periodo de la cooperación internacional, quizás debida no solo a una lógica tendencia a hacer más productiva las expediciones nacionales de gran alcance geográfico o a la aparición de un nuevo espíritu más solidario, sino también al nacimiento de nuevos países a los que, aunque no particularmente interesados en la oceanografía de alta mar, les preocupaba, por diversos motivos, las actividades de barcos extranjeros en sus aguas territoriales (M. Tomczak Jr., 1980). Ejemplos de este periodo fueron las campañas realizadas dentro del Año Geofísico Internacional y otras, auspiciadas por la UNESCO, en el Índico y los trópicos en los años 60, o experimentos más específicos en regiones localizadas (MEDOC en el Mediterráneo, POLY-MODE dedicado al estudio de la circulación a mesoscala, etc.).

A partir de los 80 parece que se ha iniciado una nueva era. Por un lado, en las dos últimas décadas, la oceanografía ha experimentado un avance superior al tenido en todo el resto de su historia, debido a su incorporación a los currícula universitarios y al desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de muestreo, observación y análisis. Por otro, el debate sobre el cambio climático y su predicción, los problemas relacionados con la biodiversidad, el agotamiento de los recursos marinos vivos y no vivos, el aumento demográfico en la región costera y la consecuente degradación de ésta, el aumento del tráfico marítimo, etc. y la vital y, en muchos casos, directa relación del estado y comportamiento del océano con todos estos asuntos ha promovido la creación de programas internacionales dedicados a los diferentes aspectos del océano y su comportamiento a distintas escalas espaciales y temporales (Oceans Studies Board, 1994). Entre ellos se pueden mencionar:

TOGA¹ (Tropical Ocean Global Atmosphere) que ha estudiado la relación entre los océanos tropicales y la atmósfera, especialmente El Niño.

WOCE (World Ocean Circulation Experiment) cuyo objetivo es conocer la circulación oceánica lo suficiente para modelar su estado actual, prever su futuro así como su interacción con el clima.

IGBP (International Geosphere Biosphere Programme). Programa que engloba varios proyectos núcleos que entienden de los diferentes efectos e interacciones de los cambios globales en la tierra: JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study), GLOBEC (Global Ocean Ecosystem Dynamics), LOICZ (Land Ocean Interaction in the Coastal Zone), etc.

¹ Sólo se usarán nombres e iniciales de organismos y proyectos en español cuando hayan sido aceptadas en tal idioma por la UNESCO.

ODP (Ocean Drilling Project) cuyo objetivo es reconstruir el registro paleoceanográfico de la Tierra.

CLIVAR (CLImate VARIability and Predictibility) es parte del Programa de Investigación del Clima Mundial, patrocinado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC).

SMOO (GOOS en inglés), Sistema Mundial de Observación de los Océanos, que pretende el establecimiento de un sistema de observación sistemática y continua, a escala global, del océano, similar al meteorológico existente, y que está patrocinado por los mismos organismos que los reseñados en CLIVAR

Los resultados, tanto tecnológicos como científicos, de los mencionados proyectos anteriores que ya han acabado o están en fase de terminación (TOGA, WOCE, ODP), así como las necesidades de otros que acaban de empezar (CLIVAR, SMOO) plantean un nuevo reto a la comunidad oceanográfica: el de la oceanografía operacional. En las secciones siguientes describiremos este término, justificaremos la necesidad de su aplicación y veremos su papel en algunos de los programas mencionados.

2. OCEANOGRAFÍA OPERACIONAL

El punto débil en la oceanografía ha estado siempre en los datos. Su obtención es cara, complicada y necesitada, constantemente, de un gran esfuerzo. A pesar de los últimos avances, tantos tecnológicos como metodológicos, el muestreo en el océano sigue siendo deficiente cuando se compara al de otros medios. En particular, cuando se compara la cobertura geográfica de estaciones oceanográficas hechas, además no permanentes, con la de las meteorológicas, el número de éstas suponen algunos ordenes de magnitud superior al de aquellas (Wunsch, C., 1996). Incluso, a pesar de que el experimento WOCE (Siedler *et al.*, 2001) ha generado el mayor conjunto de datos obtenidos hasta la fecha, igualando, y duplicando en algunos casos, la cantidad de todos los datos recogidos antes de 1990, hay todavía regiones oceánicas sin muestrear (Fig. 1). El muestreo inadecuado en el pasado no nos permitía decir mucho sobre los cambios a largo plazo en el océano, siempre asumíamos un estado estacionario. La labor desarrollada durante WOCE: el muestreo repetido, con las nuevas técnicas, de secciones hidrográficas o en estaciones fijas ha revelado un océano más variable y dinámico de lo previsto (Parrilla *et al.*, 1994; Bryden *et al.*, 1996; Lavín *et al.*, 1998).

Desde hace unos años no es solo en el ámbito científico en el que se exige una mayor y más fiable base de datos oceanográficos, así como la posibilidad de su obtención en tiempo presente. También los gobiernos, la industria y el público en general han comenzado a requerir, de una manera sistemática, infor-

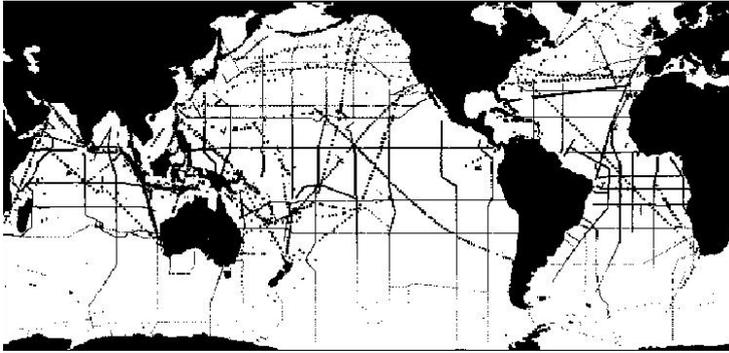


Figura 1. Secciones oceanográficas (líneas continuas) y de XBT (líneas de puntos) del experimento WOCE.

mación sobre el mundo marino y sus problemas. Información que ha de apoyarse en una red global unificada, diseñada para adquirir, integrar y distribuir, sistemáticamente, las observaciones oceánicas, con el fin de generar análisis, previsiones y otros productos útiles.

En otras palabras, se está gestando el nacimiento de un sistema de observación de los océanos similar al meteorológico.

Efectivamente, el océano no sólo tiene importantes e intrigantes problemas científicos; algunos de difícil o imposible, hoy día, resolución. Además, desempeña un importantísimo papel en una enorme cantidad de procesos que ocurren en otros ámbitos de nuestro planeta. Influye sobre el medio humano y, a su vez, es afectado por el hombre. Sin embargo, a pesar de que llevamos más de un siglo de actividad científica en el mar, no existe, todavía, un sistema internacional coordinado que sirva para observar el océano de una manera metódica y continua, ni que defina los elementos comunes de los problemas ambientales marinos. Este sistema podría proveernos de datos y productos sobre los cuales se podría fundar una acción nacional colectiva; con ellos las industrias y servicios marinos podrían progresar y crecer de un modo más fiable y rentable.

Como sucedió con la meteorología, el ímpetu inicial para la creación de este sistema proviene de las exigencias de tipo operativo con las que satisfacer las demandas de los clientes. La diferencia con la meteorología es que, en ésta, el rango de variables a medir es menor, las medidas más fáciles de obtener, y sus beneficios potenciales más evidentes. Gran parte de la ciencia atmosférica se ha desarrollado en respuesta a necesidades reconocidas. En las ciencias marinas muchas de estas necesidades no están todavía articuladas por completo y la capacidad de un sistema de observación que las cubra no está tan bien desarrollada (IOC, 1998).

Los servicios oceánicos a los que nos referimos se encuadran en lo que se conoce como oceanografía operacional (Fischer *et al.*, 1999), que es definida de la siguiente manera:

Es toda aquella actividad que comprende las medidas y muestreos hechos en los océanos, mares y atmósfera, su difusión e interpretación, todo ello de un modo rutinario, con el fin de:

- suministrar una predicción continua de las futuras condiciones del mar con la mayor antelación posible;
- dar la descripción más precisa, desde el punto de vista utilitario, del estado actual del mar, incluyendo los recursos vivos;
- reunir datos climáticos a largo plazo que suministrarán la información necesaria para describir estados pasados y con la que fabricar series de tiempo que muestren las tendencias y cambios.

Usualmente, el procedimiento que se sigue en la oceanografía operacional es el de la rápida transmisión de los datos observados a centros de cálculo donde se procesan por medio de modelos numéricos de previsión. Los resultados de estos modelos se usan para generar productos secundarios con aplicaciones especiales en ámbitos más locales. Los productos finales y la previsión se deben distribuir rápidamente entre usuarios industriales, agencias gubernamentales y autoridades legislativas (Prandle and Flemming, 1998).

La oceanografía operacional ya existe en el ámbito local y para un limitado número de factores. Estas previsiones nos provee, regularmente, con datos sobre la velocidad y dirección del viento en el mar, la altura, dirección y espectro de la ola, las corrientes superficiales, las mareas, los hielos flotantes y la temperatura superficial del mar. Si esta oceanografía operacional pudiera realizarse en el ámbito global, de tal manera que todas las partes del sistema se pudieran analizar y prever simultáneamente y con mayor precisión, las ventajas serían enormes.

Existen otros productos de los que se podría disponer con prontitud, o cuyos periodos de previsión y su precisión se podrían aumentar, y que serían de gran valor para las industrias y gobiernos. Entre ellos se incluirían los indicadores de contaminación marina, los movimientos de manchas de petróleo, la calidad del agua, la concentración de nutrientes, la productividad primaria, los perfiles verticales de salinidad y temperatura, los transportes de sedimentos y la erosión, etc.

La investigación científica y tecnológica llevada a cabo con financiación europea nos ha ayudado a dar algunos pasos, sirviéndonos de la oceanografía operacional, hacia la previsión oceánica, con el consiguiente beneficio para una vasta gama de industrias, servicios y autoridades legislativas (Woods *et al.*, 1996).

Los nuevos sistemas, basados en nuevas tecnologías y en un mejor conocimiento del mar, nos permitirán previsiones de gran alcance que serán de

gran beneficio en la gestión de los mares y océanos y en la previsión de los cambios y variabilidad del clima.

La oceanografía operacional es una actividad dentro de las llamadas megaciencias que requiere una planificación y toma de decisiones en los ámbitos nacionales y planetario. Esto fue una de las conclusiones del Foro de Megaciencias organizado, en 1993, por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Oceanography, 1994), lo que aceleró la difusión del término oceanografía operacional y su aceptación por parte de los organismos que, en la actualidad, la apoyan y promocionan.

3. DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS PROYECTOS ACTUALES RELACIONADOS CON LA OCEANOGRAFÍA OPERACIONAL

En esta sección describiremos algunos proyectos cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de observación oceánica o cuyo éxito, o parte de él, depende del funcionamiento de tal sistema.

3.1. El Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SSMO)

En 1992, la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCED) reconoció la necesidad de un sistema internacional coordinado, cuya creación encareció, de observación sistemática y continua, a escala planetaria, que posibilite un desarrollo sostenible del océano y los mares y su adecuada gestión, así como la previsión de cambios y variaciones en su estado. El establecimiento de tal sistema había sido requerido también en 1990 y con el mismo carácter de urgencia por la 2.^a Conferencia Mundial del Clima, con el fin de proveer de datos al Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). El Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO), iniciado formalmente en 1992 por el Comité Ejecutivo de la COI de la UNESCO en cooperación con OOM, PNUMA y CIUC, intenta cubrir esas necesidades (UNESCO, 1998). En el foro de megaciencia, celebrado en Tokio en 1993 (Oceanography, 1994), la OCDE organizó una reunión de expertos en oceanografía cuyas recomendaciones a los países miembros ayudó grandemente a la diseminación del concepto de SMOO.

SMOO se concibe como un sistema semejante al del servicio internacional de observación y de previsión meteorológica. Servicio este que funciona en la actualidad con el apoyo de los gobiernos nacionales y al que contribuyen las agencias y organizaciones nacionales y la industria, con la asistencia de organismos nacionales e internacionales dedicados a la gestión y distribución de los datos (IOC.1998).

Dos son los principales objetivos de SMOO:

1. Cubrir las necesidades de la humanidad respecto a aquellos datos e información marinos que ayuden al uso responsable, eficiente, seguro y racional del medio marino y a su protección, y que, además, sean útiles para la previsión del clima y la gestión costera. Especialmente en asuntos que requieren una información que los sistemas de observación nacionales no pueden proveer de una manera eficiente y que permita a las naciones más pequeñas y menos desarrolladas participar y obtener beneficios.
2. Establecer un sistema internacional que provea la coordinación requerida y la utilización compartida de datos y productos que de otra manera no sería posible.

SMOO tiene varias agrupaciones regionales en las que países que comparten áreas geográficas o intereses socioeconómicos comunes aplican y llevan a cabo las ideas y sugerencias elaboradas en un ámbito más universal. En particular existe un EuroGOOS (J. Woods *et al.*, 1996) que representa los intereses de varios países europeos, entre los que se incluye España.

EuroGOOS es una asociación fundada en 1994 y reorganizada como asociación legal en 1999, cuyos miembros (entre los cuales se encuentran el Instituto Español de Oceanografía y Puertos del Estado) fomentan la cooperación y participación europeas en el desarrollo de la oceanografía operacional dentro de GOOS. A escala global, Europa tiene un potencial similar al de otros competidores, como EE.UU. y Japón, en la organización, planificación y ejecución de SMOO. Interesa que, desde el principio de este programa, se desarrollen aquellos aspectos más relevantes a los parámetros y variables globales que influyen sobre las condiciones marinas y el clima en Europa. Sus miembros han de contribuir a la planificación y ejecución de SMOO y de su promoción nacional y europea (J. Woods *et al.*, 1996).

Los objetivos de EuroGOOS son:

1. Construir sobre el éxito científico. Después de 50 años de inversiones en ciencias y tecnología marinas en Europa, ha llegado el momento de obtener beneficios. La integración de los conocimientos y técnicas actuales, en la modelización global y regional, con la previsión proporcionará una nueva gama de servicios.
2. Crear nuevos servicios marinos operativos. La oceanografía operacional creará nuevos negocios y puestos de trabajo en Europa. Proporcionará previsiones que mejorarán la eficiencia de las industrias y servicios que, en la actualidad, contribuyen con 200 mil millones de € por año al PNB europeo
3. Desarrollar un sistema global. El público espera una acción científica que colabore con la gestión planetaria del ambiente. El éxito dependerá de nuestro conocimiento para prever el estado del océano y mares costeros. La colaboración europea permitirá a este continente influir en una escala global.

3.2. CLiMate VARIability and Predictibility (CLIVAR)

CLIVAR es, hoy día, el mayor programa internacional de estudio sobre el clima que existe. Tiene una duración prevista de 15 años, de los cuales ya se han cubierto los 3 primeros en la elaboración de sus planes científico y de ejecución (WCRP n.º 89, WCRP n.º 103).

Sus objetivos científicos, expuestos de una manera resumida, son:

1. Describir y entender los procesos físicos responsables de la variabilidad climática a diferentes escalas temporales a través de la observación y modelización.
2. Extender el registro de tal variabilidad a otras escalas temporales (paleoclima).
3. Extender el rango y precisión de la predicción por medio del desarrollo de modelos globales acoplados.
4. Entender y predecir la respuesta del clima al aumento de gases que afectan la radiación y aerosoles y detectar las modificaciones antropogénicas.

Las actividades dentro de CLIVAR están reunidas en 3 grupos:

GOALS (Global Ocean Atmosphere Land System) donde se engloban los estudios de la variabilidad y predicibilidad climática desde escalas estacionales a interanuales.

DecCen (Decadal to Centennial) se enfoca a estudios similares a los del grupo anterior pero, como su título indica, a escalas mayores, de décadas a siglo. En este caso desempeña un papel importante el océano, cuya «memoria climática» es mayor que la de la atmósfera.

ACC (Anthropogenic Climate Change) dedicado al estudio de la respuesta del cambio climático a las actividades humanas.

Dentro de cada grupo existen varias áreas de investigación que se solapan en mayor o menor grado y que comparten temas comunes como modelización, observaciones, reanálisis, estudios empíricos, etc.

Aunque los otros grupos incorporan también actividades de investigación en el mar, es el grupo segundo DecCen el que está totalmente dedicado al océano. La contribución del océano es esencial en el almacenamiento, redistribución y suministro de calor, agua y dióxido de carbono. Es en el océano donde está la memoria primaria del clima. La circulación termohalina está intensamente implicada en las escalas temporales de variabilidad climática a largo plazo. Los cambios en las anomalías de temperatura superficial en los trópicos muestran tendencias decenales y una importante correlación con los ciclos de sequías y lluvias.

DecCen comprende cinco áreas de investigación (WCRP n.º 103):

La Oscilación NorAtlántica (ONA). Controla los factores atmosféricos que producen cambios en el océano (flujo de calor, precipitación y evaporación, campo de vientos, etc.). La variabilidad de baja frecuencia de la circulación noratlántica y la distribución de sus propiedades hidrológicas parecen variar con la ONA.

Atlántico tropical, donde parece existir una oscilación del orden de décadas en los gradientes, a través del ecuador, de la temperatura superficial del mar y que influye sobre la posición e intensidad de la Zona de Convergencia Intertropical, que a su vez influye sobre las precipitaciones en el Sahel y Brasil.

Circulación termohalina que se define, a grosso modo, como el transporte de aguas cálidas hacia el norte, en superficie, y frías hacia el sur a mayores profundidades. El calor transportado hacia el norte es cedido, en las regiones de convección, a la atmósfera, contribuyendo a los relativamente cálidos inviernos europeos. Esta circulación transporta también cantidades sustanciales de dióxido de carbón a las aguas profundas.

Variabilidad Indo-Pacífica. La distribución de la temperatura superficial del mar en los trópicos y a latitudes medias varía simétricamente, con periodos decenales, alrededor del ecuador, con un desfase en los trópicos respecto a las latitudes medias. Modula la señal de El Niño y se correlaciona con otra variabilidad similar en el Pacífico Norte.

Circulación Termohalina en el océano Austral. El océano Austral conecta todos los demás, permitiendo la existencia de una circulación realmente global. Es donde se produce la mayor cesión de calor oceánico a la atmósfera y a la criosfera. Suministra agua muy fría a las capas abisales, enfriando el océano, que se encuentra debajo de la termoclina a una temperatura media de 1,7°C.

CLIVAR será la plataforma de lanzamiento de dos importantes experimentos: Argo, del que hablaremos a continuación y GODAE (Global Data Assimilation Experiment). Este último consiste en la asimilación de datos en tiempo presente en diversos modelos numéricos (circulación general, clima, previsión, etc.) con el fin de demostrar la viabilidad y los beneficios de un sistema de observación permanente del océano.

3.3. Argo

Si el experimento Argo tiene éxito puede convertirse en uno de los más importantes elementos del Sistema Mundial de Observación de los Océanos.

El programa internacional Argo (AST, 2001) proyecta desplegar un conjunto de 3.000 perfiladores sumergibles con el fin de proporcionar observaciones, en tiempo presente, de las estructuras de temperatura y salinidad de las capas superiores e intermedias de los océanos.

El perfilador derivará, generalmente, a una profundidad de unos 2.000 m, subiendo a la superficie, mientras registra los valores de temperatura y salinidad, cada 10 días (Fig. 2). Después de enviar su posición y los datos registrados en cada perfil vertical a una estación terrestre, a través de satélite, se vuelve a sumergir para empezar otro ciclo y continuar así durante unos 4 años, su tiempo previsto de vida. Estos perfiladores son los análogos a los globos radiosondas atmosféricos.

Estas observaciones subsuperficiales, combinadas con la cobertura de la superficie del mar hecha por los satélites, permitirá un avance significativo, tanto en las previsiones operacionales como en la actividad científica. Argo contribuirá, además de a GODAE y CLIVAR, al sistema de observación propuesto por SMOO y a una gran variedad de actividades oceanográficas regionales.

Todos los datos de Argo, ya sean en tiempo presente o en modo diferido, serán públicos y gratuitos sin periodo de uso exclusivo. Los datos en tiempo presente serán puestos en el Sistema de Telecomunicación Global (GTS) para uso de los organismos dedicados a la previsión operacional; aquellos en modo diferido, que previamente han sido sometidos a un control científico de calidad,

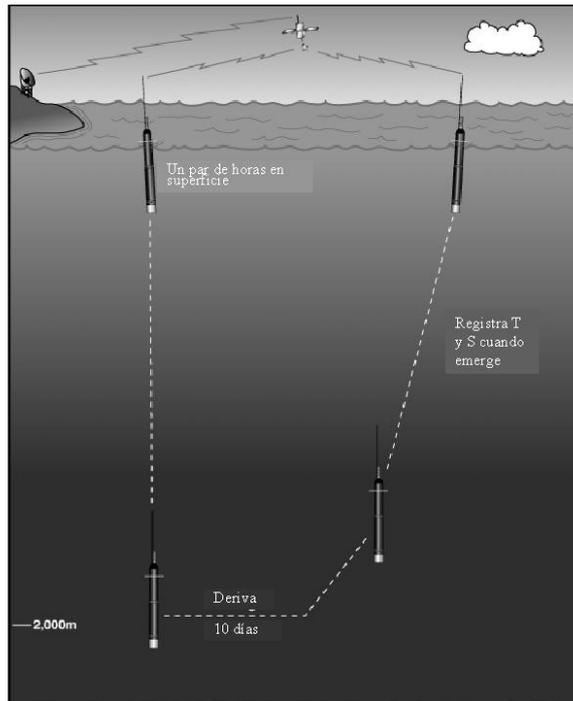


Figura 2. Esquema del ciclo seguido por un perfilador sumergible del experimento Argo.

serán asequibles vía Internet dentro de un plazo de 90 días después de la recogida de los datos.

Desde su comienzo, hace unos 3 años, Alemania, Australia, Canadá, China, Dinamarca, España, EE.UU., Francia, India, Japón, Nueva Zelanda, Reino Unido y la República de Corea —junto con la Comisión Europea— han contribuido, o están en el proceso de contribuir, con perfiladores al programa Argo. Hasta la fecha esta comunidad ha aumentado su financiación de tal manera que ha permitido elevar su número desde 63 en 1999 a 324 en 2000 y hasta 597 en 2001.

Si las propuestas hechas para 2002 se aprueban, las contribuciones alcanzarán la financiación prevista para 750 perfiladores por año. Suponiendo que cada uno de ellos funcione durante el tiempo previsto de unos 4 años, el mantener una aportación de 750 por año permitirá la financiación de un total de 3.000 (Fig. 3) en 2005.

Argo está siendo puesto en práctica bajo los auspicios de la OMM y la COI. Se ha establecido un Centro de Información Argo, por la recientemente creada Comisión Mixta de Oceanografía y Meteorología Marina (CMOOM), para dar servicio a Argo, de la misma manera que se da al Programa de Cooperación de Datos de Boyas y al Programa de Barcos de Oportunidad.

4. CONCLUSIONES

La aparición de una nueva plétora de programas oceanográficos internacionales, la evolución de los modelos numéricos, el desarrollo de los métodos de asimilación de datos a estos, exigen de un modo cada vez más acuciente una mayor cantidad de datos oceánicos de gran calidad. Esto realmente no es nada

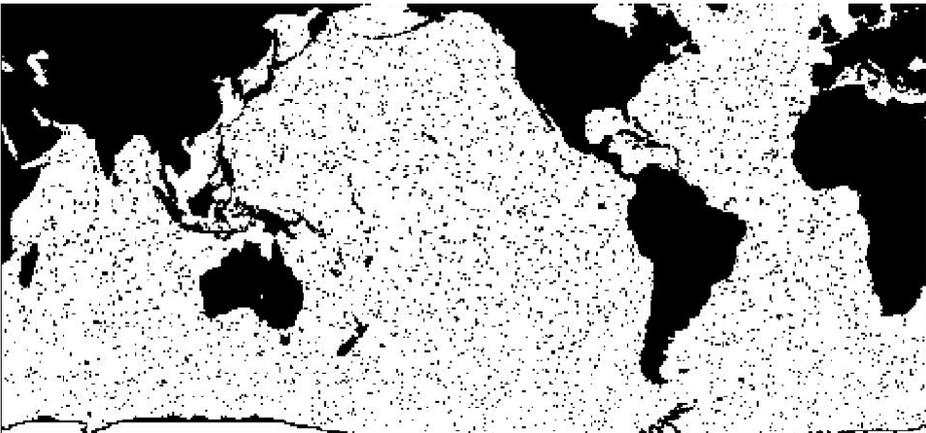


Figura 3. Cobertura mundial prevista durante el experimento Argo.

nuevo, siempre han sido necesarios: en muchas ocasiones el avance del conocimiento científico del océano, al igual que en muchas otras áreas científicas, ha venido precedido por la aparición de nuevas tecnologías de muestreo y observación y nuevos métodos de tratamiento de datos. Lo que es novedoso es que la solicitud de los datos no proviene ahora sólo del estamento científico. Otros sectores —gobiernos, la industria, servicios y el público en general— han comenzado a requerir, de una manera sistemática, información sobre el mundo marino. Esto abre una nueva frontera en la Oceanografía, casi un campo virgen en este aspecto: la de proveer un servicio, que ocasionará un cierto reajuste en nuestra manera de entender y aplicar el conocimiento oceanográfico. Por un lado hemos de pensar que los esfuerzos dedicados a establecer un sistema de obtención de datos y a desarrollar la tecnología necesaria para ello no vendrán condicionados, únicamente, por el sector científico. Por otro, habrá que educar a las nuevas generaciones en esta moderna situación que aumenta las oportunidades profesionales, tanto en el desarrollo tecnológico como en el de la fabricación de productos informativos que sirvan para otros sectores sociales. Evidentemente, también el sector científico saldrá beneficiado: por un lado tendrá más información y por otro aumenta el rango de aplicabilidad de sus resultados. La oceanografía operacional ya ha sido establecida, los principales organismos internacionales la apoyan, así como los principales países de nuestro entorno, no podemos quedarnos fuera, nuestras instituciones de investigación y de decisión política sobre asuntos relacionados con el mar y los centros académicos han de adoptar posturas consecuentes con el establecimiento de los sistemas de observación del océano, ya sea en el ámbito regional o mundial.

REFERENCIAS

- AST (2001): «The Argo Science Team. Argo: the global array of profiling floats», en *www.argo.ucsd.edu*.
- BRYDEN, H. L., M. J. GRIFFITHS, A. M. LAVÍN, R. C. MILLARD, G. PARRILLA & W. SMETHIE (1996): «Decadal changes in water mass characteristics at 24° N in the subtropical North Atlantic Ocean», *Journal of Climate*, vol. 9, N.º 12, 3162-3186.
- FISCHER, J., N. FLEMMING, M. HOLT and R. J. ROGERS (1999): *A profile of operational oceanography*, EuroGOOS Secretariat.
- IOC (1998): *The GOOS 1998*. IOC-UNESCO, París, GOOS publication no. 42.
- LAVÍN, A., H. BRYDEN and G. PARRILLA (1998): «Meridional Transport and heat flux variation in the Subtropical N. Atlantic», *The Global Atmosphere and Ocean*, vol. 6, 269-293.
- OCEAN STUDIES BOARD (1994): *The Ocean's role in global change*, National Academy Press, Washington DC, 85 pp.
- OCEANOGRAPHY (1994): «Megascience: The OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) Forum», Tokio, 1993.
- PARRILLA, G., A. LAVÍN, H. BRYDEN, M. GARCÍA and R. MILLARD (1994): «Rising temperatures in the Subtropical N. Atlantic over the past 35 years», *Nature*, vol. 369, 48-51.

- PRANDL, D. and N. FLEMMING (eds) (1998): «The Science basis for EuroGOOS», *Euro GOOS*, pub. No. 6.
- SIEDLER, G., J. CHURCH & J. GOULD (eds.) (2001): *Ocean Circulation & Climate*. Ed. por Academic Press.
- TOMCZAK, Jr. M. (1980): «A review of Wüst's classification of the major deep-sea expedition 1873-1960 and its extension to recent oceanographic research programmes», en *Oceanography the past*, ed. por M. Sears and D. Merriman, Springer and Verlag, 189-194.
- UNESCO (1998): «Strategic plan and principles for the GOOS (version 1.0)», GOOS Report no. 41, IOC/INF-1091.
- WOODS, J., H. DAHLIN, L. DROPPERT, M. GLASS, S. VALLERGA and N. FLEMMING (1996): «The Strategy for EuroGOOS», EuroGOOS publ. no. 1. SOC. WRCF no. 89. CLIVAR: *A study of climate variability and predictability*, August 1995. WMO.
- WRCF no. 103. CLIVAR: *Initial Implementation Plan*, June 1998, WMO.
- WUNSCH, C. (1996): *The ocean Circulation Inverse Problem*, Cambridge U. Press, 437 pp.
- WUST, G. (1964): *The major deep-sea expeditions and researchs vessel 1873-1960. A contribution to the History of Oceanography. Progress in Oceanography*, Pergamon Press, Oxford, 2, 1-52.