

# SERVICIOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS PARA LA COMUNIDAD MARINA

Por R.J. SHEARMAN\*

## El desarrollo general de los servicios marinos

Los primeros intentos para comprender las situaciones meteorológicas por parte de instituciones que más tarde se desarrollaron como algunos de los Servicios Meteorológicos más adelantados de hoy, fueron motivados por la necesidad de avisar a la comunidad marina. Esos avisos se necesitaban desesperadamente, como lo pone de manifiesto el número de muertos de la navegación en aquellas épocas, muchos de las cuales se debían al mal tiempo. Por ejemplo, entre 1852 y 1856, se perdieron unos 4 000 buques en la proximidad de las costas del Reino Unido, con un saldo de unos 3 600 muertos (Hopkins, 1990).

Inicialmente, se establecieron sencillos sistemas de observaciones costeras —con ayuda del invento del telégrafo— para dar los valores del viento y de la presión, pues se sabía que los sistemas meteorológicos mostraban configuraciones características de estos parámetros. Los sistemas eran sumamente rudimentarios, como lo eran los avisos que se daban, que proporcionaban poca alerta en comparación con el lapso que tardaban en reaccionar los buques que estaban navegando. El método de comunicación consistía en avisos visuales —se izaban banderas en la estación costera— y como la intención era evitar la salida cuando era inminente una tormenta, no eran necesarios mayores lapsos de reacción.

El Teniente Maury de la marina de los

EE.UU. fue el pionero en recopilar observaciones del tiempo de buques en el mar. Las observaciones se daban, en forma manuscrita, al fin del viaje y Maury produjo climatologías rudimentarias en forma de mapas de vientos y corrientes. El objeto era ayudar a los marinos en la planificación de las rutas de sus viajes, pero la principal desventaja era su incapacidad para cuantificar las desviaciones de las normales climatológicas durante un cierto viaje. Sin embargo, estas observaciones fueron el comienzo de lo que posteriormente llegaron a ser los archivos climatológicos marinos de observaciones de buques, que ahora mantienen muchas naciones marítimas. Al mejorar la telegrafía sin hilos, se hizo posible tanto recibir las observaciones de los buques en el mar como dar a estos buques avisos y consejos.

Cuando fueron posibles las observaciones rutinarias de vientos y temperaturas en altura, se manifestaron las relaciones entre los flujos en los niveles superiores y los de la superficie, haciendo posible una aproximación más científica a la predicción. Los primeros modelos de ordenadores sólo podían dar soluciones en grandes escalas de espacio en los niveles más altos. Las predicciones de estas características eran interpretadas por predictores humanos, quienes daban avisos sobre las condiciones previstas en la superficie, incluyendo el estado del mar. Al aumentar la potencia de los ordenadores, fue posible representar la acción de las leyes del movimiento y de la termodinámica con más precisión y una mayor resolución. En consecuencia, se produjo un

\* Director Adjunto, Requerimientos y Prácticas de Observación, Meteorological Office del Reino Unido, Bracknell, y presidente de la Comisión de Meteorología Marina de la OMM.

aumento de la precisión de las predicciones en períodos más largos. Paralelamente con estos procesos, se desarrollaron los modelos de predicción numérica para predecir la altura de las olas y su período, así como las mareas de temporal.

Más recientemente, se han desarrollado modelos muy detallados de partes de la línea de costa para analizar/predecir las condiciones de las olas y las corrientes, usando como punto de partida modelos de predicción a mayor escala. Muchos Servicios Meteorológicos producen habitualmente predicciones de vientos y olas que alcanzan hasta cinco días, partiendo de modelos regionales y mundiales, con parámetro de malla entre 100 km y 25 km y 15 o más niveles en vertical. Las precisiones típicas para modelos mundiales, en comparación con las observaciones, se representan por errores medios de  $1,1 \text{ m s}^{-1}$  (rcm 4,5) para los vientos y  $0,7 \text{ m}$  (rcm 1,3) para las olas, a partir de la hora de origen más 24 horas. Estos errores se elevan típicamente a  $1,1 \text{ m s}^{-1}$  (rcm 6,9) y  $0,9 \text{ m}$  (rcm 2,1) a cinco días. Los errores para los modelos de área limitada tienden a ser algo menores (Hopkins, 1990).

Los adelantos en los ordenadores también han hecho posible crear y acceder rápidamente a archivos de datos climatológicos y marinos mayores y más completos. Desde 1960, los datos de los buques mercantes se han recopilado e intercambiado en las condiciones del plan de resúmenes climatológicos marinos de la OMM (Shearman, 1986). Unos 5 000 buques contribuyen actualmente en todo el mundo.

Se ha aumentado la red de observación para apoyar los requerimientos de predicción instalando puntos de observación meteorológica y oceanográfica en superficie (metocean), usando sistemas automatizados en boyas meteorológicas, oceanográficas y de navegación, así como en plataformas próximas a la costa. Estos sistemas automatizados resultan necesarios por la falta de personal en las plataformas voluntarias como los buques faros, y la supresión de la red de buques

meteorológicos. También se lanzan radiosondas de modo habitual desde buques mercantes bajo el Programa aerológico automatizado a bordo de buques (ASAP) para compensar la pérdida de la componente aerológica de los buques meteorológicos. Las boyas a la deriva proporcionan datos meteorológicos oceánicos.

El mayor avance ha procedido de los sistemas basados en satélites. SEASAT y GEOSAT han indicado el potencial de los satélites oceanográficos, y el lanzamiento de ERS-1, con la promesa de datos frecuentes y regulares de la superficie del océano, de modo rutinario, mejorará aún más tanto los datos como las predicciones, particularmente de la altura de las olas. Los modelos de olas, hasta hoy, se han referido completamente a los campos de viento de los modelos atmosféricos, y no se han inicializado con datos de olas. ERS-1 ha servido de espuela para desarrollar rutinas de asimilación de datos de olas (Stratton, 1990), de modo que los productos de olas dependerán de los modelos atmosféricos con entrada mixta de observaciones de superficie/telemidas, así como de observaciones directas de la superficie del océano.

La aparición de las comunicaciones con base en satélites y su proliferación (p. ej. INMARSAT) por toda la comunidad marina ha tenido un importante impacto en la recopilación de datos y —y más importante— en la distribución de servicios, como con los primeros progresos de la telegrafía sin hilos.

Las reglas básicas que rigen la provisión de servicios meteorológicos y oceanográficos son hoy esencialmente las mismas que a mediados del siglo diecinueve. Es necesario identificar al usuario de los servicios y sus necesidades, decidir sobre el mecanismo de distribución y la solución técnica más adecuados para esas necesidades, y evaluar el producto propuesto consultando con el usuario. La capacidad de proveer un campo de servicios útiles ha crecido con los mejores datos, predicciones y técnicas de análisis. El campo de los mecanismos de distribución también ha crecido. A pesar de

todas las mejoras hay áreas con dificultades y requerimientos sin satisfacer que se discuten más adelante teniendo como fundamento los servicios que se proporcionan a un conjunto de usuarios.

## El transporte marítimo

Los Servicios Meteorológicos siguen comprometidos a emitir avisos y predicciones según las normas del convenio internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS). El Grupo de trabajo sobre Servicios meteorológicos marinos básicos de la Comisión de Meteorología Marina ha revisado recientemente la responsabilidad de la emisión de predicciones y de originarlas como respuesta al Sistema de Alarma y Seguridad Marítima Mundial, perteneciente a la OMI.

Hay, sin embargo, un considerable campo para que los servicios especializados aumenten la eficacia de la operación de la industria del transporte marítimo. El más evidente de éstos es la confección de rutas de navegación, donde la existencia de modelos atmosféricos mundiales capaces de dar predicciones con una antelación de cinco días—incluyendo un mayor éxito en la predicción de la incidencia y el movimiento de las tormentas tropicales— ha resultado en servicios altamente mejorados. La tecnología de los ordenadores personales también ha hecho posible mantener y manejar detalles de muchos más buques por miembro de tripulación navegante que lo que era posible por métodos manuales. La generación de rutas aconsejables por medio de predicciones automáticas por ordenador, usando modelos de predicción numérica de la atmósfera, modelos de olas y detalles de las características del buque junto con el trazado automático y los gráficos interactivos, han liberado a las personas que confeccionan las rutas de buena parte del trabajo que consume mucho tiempo y no es decisivo. El resultado neto es que ahora es posible concentrarse en la confección detallada de las rutas, de modo que se logra una mayor productividad

acompañada de una calidad mejor. De modo semejante, la estadística o la evaluación posterior al viaje puede ser automatizada y adaptada a los requerimientos de las compañías de navegación. Las comunicaciones basadas en satélites, como INMARSAT, han hecho más fácil y más eficaz la distribución de recomendaciones para rutas de navegación.

Hay una amplia evidencia de que la confección de rutas ha mejorado la relación coste—eficacia de las operaciones de navegación al aumentar el rendimiento del combustible y evitar daños, pero aún hay aspectos por desarrollar, en particular el evitar los hielos marinos en el hemisferio sur. Mientras que los servicios relativos a hielos marinos en el hemisferio norte están bien organizados, y se dispone de una información eficaz, los veloces buques de contenedores y de carga general que pasan entre el cabo de Hornos y el Antártico también necesitan una información actualizada. Generalmente, las imágenes de satélite de muy alta resolución no están a disposición de los Servicios Meteorológicos, que normalmente sólo tienen acceso a datos de una resolución de solamente unos 4 km.

Los grandes buques de contenedores y los cargueros en lastre son particularmente sensibles a las condiciones de viento al maniobrar en un puerto cerrado y, bajo ciertas condiciones adversas de olas y mareas, no pueden entrar en modo alguno. Son pues importantes las predicciones especializadas para las zonas portuarias y pueden incluir parámetros como temperatura, humedad, precipitación y riesgo de rayos, debido a los sensibles procedimientos de manejo de la carga.

En los países desarrollados, la mayor parte del transporte marítimo está reglamentado y en las manos de compañías comerciales que deben obedecer esas normas. Las predicciones generales para las aguas próximas a las costas se difunden por las estaciones de televisión y radio, las radios de la vigilancia de costas y costeras etc., y las predicciones especializadas

grabadas se pueden obtener por la red telefónica pública, así que no hay excusa para que la compañía operadora no conozca las condiciones del tiempo que sean peligrosas.

En los países en desarrollo, particularmente en los Estados insulares y en aquellos en que el transporte terrestre está poco desarrollado, el transporte depende en gran medida de la navegación de cabotaje, que frecuentemente se opera por un gran número de pequeñas embarcaciones, a nivel de comunidad individual o familiar. El Servicio Meteorológico puede tener capacidad para confeccionar predicciones de las condiciones del tiempo y de la mar adecuadas al tamaño de las embarcaciones afectadas, pero generalmente tiene una gran dificultad en la difusión de la información a unas comunidades que dependen del transporte marítimo, debido a su aislamiento y a su falta de acceso a la radio o la televisión. En muchos casos, la solución más eficaz consiste en el uso de una señal de aviso de temporal, como una bandera o símbolo distintivo izado en un mástil colocado en un punto costero prominente.

También es necesaria la educación de la comunidad, particularmente allí donde la incidencia del mal tiempo es relativamente poco frecuente, pues las embarcaciones están frecuentemente sobrecargadas y operan con estabilidad marginal y sin borda suficiente. En estas condiciones, aun las olas de leva procedentes de una tormenta tropical lejana pueden hacer zozobrar la embarcación, con la consiguiente pérdida de vidas.

Muchos Servicios Meteorológicos usan sus bancos de datos meteorológicos y sus archivos de predicciones anteriores o datos de análisis de modelos numéricos, así como interpretaciones de análisis de superficie contemporáneos, para ayudar en la investigación de los accidentes marítimos. Estas investigaciones abarcan toda la gama, desde reclamaciones menores de los seguros hasta importantes investigaciones públicas, como consecuencia de la pérdida de un buque y sus tripulantes, y pueden incluir la prestación de testimonio en los juicios. En muchos casos

se requiere una combinación de datos meteorológicos y oceanográficos.

## Pesquerías

Las actividades pesqueras en alta mar, ya comprendan las operaciones de flotas de buques factoría o cortos cruceros a partir de sus bases de tierra, usan muchas de las predicciones o servicios de avisos que se suministran al transporte marítimo general. No obstante, se necesitan más servicios especializados, particularmente predicciones del estado del mar, porque hay límites prácticos para los trabajos en la cubierta de los buques que, si se sobrepasan, pueden producir daños y pérdida de vidas. En cortos períodos, unas predicciones precisas pueden permitir la operación en condiciones marginales reduciendo al mínimo los riesgos. Unas predicciones a plazo más largo permiten tomar decisiones estratégicas para las operaciones con base en tierra. Por ejemplo, el precio del pescado se eleva normalmente durante los períodos de mal tiempo, en que las arribadas son escasas, de modo que las primeras capturas que se venden después de un período de mal tiempo alcanzan un precio alto, mientras que las últimas arribadas producen



Transporte costero y pesca de bajura en las Maldivas.

Foto: R. Shearman

precios más bajos. Así, los buques que se anticipan a la mejoría de las condiciones de los bancos de pesca, viajan en condiciones demasiado malas para pescar y sueltan las redes seguidamente porque, entonces, la operación ya es segura, volverán a puerto los primeros y venderán en un mercado ventajoso. Sin embargo, la excesiva anticipación tendrá por resultado una pérdida de tiempo en ir y venir y consumo inútil de combustible cuando no sea posible pescar.

De modo semejante, los conserveros de pescado, seguros de un período de buen tiempo en los bancos de pesca, no comprarán a precios altos de mercado, sino que esperarán a que los precios bajen al aumentar las arribadas. Sin embargo, esta estrategia se apoya en predicciones precisas a largo plazo, de modo que la capacidad de almacenamiento en frío pueda usarse para mantener la producción durante el período de mal tiempo más el primer día, o dos, de condiciones de "precios elevados con tiempo mejorado". Huelga decir que la industria pesquera tiene que convencerse todavía de que la precisión de las predicciones es lo suficientemente alta como para justificar una confianza absoluta en las técnicas que se han descrito anteriormente. Los Servicios Meteorológicos hacen también gastos elevados para producir y distribuir estos servicios, ya que son específicos de los lugares y los barcos pesqueros son poseídos y operados en plan individual u organizados en pequeñas cooperativas.

Además de las condiciones del mar, la pesca científica moderna requiere un conocimiento de la temperatura de la superficie del mar (TSM) y la identificación de las áreas de movimientos ascendentes, pues ambos factores afectan al movimiento de los peces.

La pesca en la proximidad de la costa en los países desarrollados requiere predicciones meteorológicas con fines de seguridad, pero hay poca demanda de servicios especializados. Por lo general, los requerimientos de seguridad están bien servidos por los boletines de los medios de información y la información telefónica grabada

y casi no tienen objeto las prácticas estratégicas en la pesca.

En los países en desarrollo, los Servicios Meteorológicos se enfrentan a las mismas dificultades para difundir la información sobre seguridad que para el transporte marítimo de cabotaje. Hay que resolver este problema, pues la parte principal de todas las capturas se debe a flotas pesqueras formadas normalmente por embarcaciones muy pequeñas, y la supervivencia de comunidades enteras depende totalmente de su éxito. Los cambios en las configuraciones de la TSM y los movimientos ascendentes son importantes en ciertos casos, y una identificación anticipada de los cambios del clima a largo plazo es vital si los gobiernos van a ayudar a adaptarse a esas comunidades pesqueras de las costas. Una gran parte del cultivo acuático se realiza en las zonas costeras de los países en desarrollo. Las especies afectadas se mantienen frecuentemente al borde de su tolerancia a la temperatura y salinidad del mar, pues estas condiciones marginales favorecen el desarrollo. Las predicciones sobre cambios en TSM y salinidad, tanto a corto como a largo plazo, pueden afectar a la estrategia de gestión y a la producción. El impacto del cambio del clima en cuanto a elevación del nivel del mar es también vital para esta industria.

### **Protección de las costas**

Muchas naciones están comprometidas en la protección de sus costas, ya sea para minimizar la erosión de tierras valiosas, ya sea para prevenir la inundación de llanuras costeras bajas que contienen un alto nivel de inversiones en términos de capital o de personas. En algunas zonas, en las que las obras de defensa no son una solución práctica (p. ej. zonas afectadas por tormentas tropicales y tsunamis), se pone la confianza en las predicciones detalladas de las trayectorias de las tormentas y en los avisos adecuados para permitir la evacuación de la población a tierras más altas.

Donde se han construido obras de

protección, el método tradicional ha consistido en el uso de largos archivos climatológicos de vientos y, cuando es posible, altura de olas y corrientes, para obtener una distribución de condiciones extremas que después se extrapola para dar una posible condición extrema, una frecuencia de ocurrencia aceptable y, de aquí, la probabilidad. Cada vez más, las secuencias de datos archivados, procedentes de modelos numéricos del tiempo, de las corrientes y de las olas, que se han elaborado durante años o se han reconstruido específicamente, se emplean como entrada para los modelos locales detallados. Estos modelos contienen un alto nivel de definición de la topografía de las playas y el fondo y tienen en cuenta la refracción de las olas, la difracción y la elevación. Se pueden usar para generar secuencias cronológicas del nivel del agua que choca contra las defensas, que después se pueden extrapolar para obtener posibles extremas. Las técnicas suponen que no hay cambios sistemáticos en la climatología, ni en las medias, ni en la incidencia de extremas. Así pues, hay que tener mucho cuidado respecto a la incidencia del cambio climático, pues se intenta que las obras tengan, generalmente, una vida útil larga.

En algunos casos, mejor que construir rompeolas largos y costosos, es posible hacer barreras de rocas perpendiculares a la costa que interrumpen el flujo de las corrientes y así se depositan sedimentos paralelamente a la línea de la costa y se forma material de playa que actúa como una barrera natural. Esta técnica requiere un conocimiento detallado basado en la observación de las corrientes próximas a la costa y la acción de las olas.

La fase operativa de muchos proyectos de protección de costas tiene períodos de alta sensibilidad al nivel de las aguas, así como necesita la construcción de estructuras provisionales que deben resistir a la acción de las olas y del viento. Unas predicciones detalladas de la hora en la que el nivel del agua baja de un nivel crítico y la duración del período seguro antes de que el nivel vuelva a subir, pueden usarse para planificar los

trabajos día a día, evitándose las pérdidas debidas a malgastarse o estropearse materiales y a los períodos improductivos de la mano de obra. Estas predicciones requieren modelos detallados en la proximidad de las costas y una combinación de vientos, olas, mareas, corrientes y mareas de temporal. Una aplicación ulterior de estas predicciones es un servicio de avisos para la población local y una evacuación selectiva donde se sabe que las defensas son incompletas o inadecuadas.

### Actividades recreativas

Hay una tendencia en rápido aumento hacia las actividades recreativas en la zona marina. Aparte de las tradicionales regatas, son ejemplo de actividades en desarrollo las planchas a vela, el remolque de aerodeslizadores, el *surfing*, los largos recorridos en canoa y el submarinismo. La mayoría de los Servicios Meteorológicos confían en las predicciones del tiempo de carácter general para las zonas próximas a las costas, difundidas por las emisoras costeras, los medios de difusión o las informaciones grabadas por teléfono, para satisfacer las necesidades de este sector, aunque algún club náutico y organizaciones similares se suscriben a los servicios especializados.

Hay necesidad de otros parámetros además de los que se dan en las predicciones marinas generales, como el frío del viento, las temperaturas en la superficie y bajo la superficie y las corrientes locales en superficie y bajo la superficie, que frecuentemente se deberán a las mareas. Quizás la necesidad mayor esté en la enseñanza y el estímulo de la conciencia meteorológica y oceanográfica entre las personas que practican las actividades de recreo marinas. Durante una reciente fiesta pública de un día, en el Reino Unido, la oficina Solent Coastguard atendió 40 peticiones de ayuda entre el amanecer y el anochecer, de las que, aproximadamente, la cuarta parte ponían en potencia vidas en peligro y algunas necesitaron la asistencia de un helicóptero. Las aguas de que se trata están



El buque de la Sail Training Association *Sir Winston Churchill* con todo el velamen desplegado. Puede envergar también dos velas cuadras en el trinquete. Junto con su buque gemelo, el *Malcolm Miller*, hace viajes de una y dos semanas desde el Reino Unido y otros puertos europeos con una tripulación de 10 hombres y hasta 40 alumnos. Con objeto de dar formación profesional, los buques de la Sail Training Association van equipados en algunas ocasiones con instrumentos meteorológicos de la Meteorological Office del Reino Unido.

*Para más información dirigirse a la Membership Secretary, The Sail Training Association, 2a The Hard, Portsmouth P01 3PT, Reino Unido. Teléfono: 0705 832055/6. Fax: 0705 815769.*

relativamente bien protegidas, cubriendo una zona de unos 200 km x 20 km, las condiciones se habían previsto bien, con vientos de fuerza 4-5 y el correspondiente estado del mar. La mayoría de los incidentes fueron originados por el fallo al interpretar la importancia de la

predicción en función de relacionar las condiciones actuales con las posibilidades y características del equipo.

Cuando los servicios de salvamento están bien coordinados, la pérdida de vidas se reduce generalmente, pero el coste marginal de activar los servicios es relativamente alto y hay una buena posibilidad de hacer economías educando a los usuarios.

Hay motivo para asesorar a los ingenieros dedicados a proyectar instalaciones marinas y los acomodamientos asociados. El análisis de la climatología de las costas puede considerarse como una actividad marina, aunque la duración prevista del proyecto debe compararse con los cambios de clima que se esperan, particularmente los que afectan al nivel del agua y al oleaje antes de basar los proyectos en los largos archivos climatológicos existentes.

### **Las industrias lejos de las costas**

En los últimos años, muchos de los desarrollos en los servicios meteorológicos marinos han sido originados por los requerimientos de las industrias del petróleo y del gas, lejos de las costas, que se han extendido vigorosamente en aguas cada vez más profundas y más inhóspitas. Se proyectan estructuras de varios tipos, teniendo en cuenta las extremas previstas del medio ambiente.

Aproximadamente un 15 por ciento de la carga del medio ambiente sobre una estructura marina procede de los vientos; el resto, de la acción de las olas y de las corrientes. Se usan datos climatológicos y de análisis anteriores para proporcionar extremas para el proyecto en sitios individuales y, aunque las amenazas correspondientes al cambio del clima también se aplican aquí, la vida de las plataformas es relativamente corta en comparación con la de los proyectos de defensa del mar. Algunas estructuras tienen mayor sensibilidad a ciertos parámetros: los oleoductos y los pozos submarinos, por ejemplo, son afectados por fuertes e inesperadas corrientes oceánicas y de mareas

y en algunas localidades, tiene su importancia el engelamiento y la colisión con icebergs. En cada caso, en el proyecto se considera el coste de la construcción frente al riesgo de desperfectos o rotura. El exceso de capacidad en el mercado de plataformas de perforación y de producción ha originado cierta reducción de las nuevas construcciones y su nuevo emplazamiento desde una zona de la plataforma continental de un océano a otra en parte distinta del mundo.

Entonces resulta necesario comparar las extremas del medio ambiente en los dos lugares, de modo que se pueda autorizar a la plataforma para operar en el nuevo sitio. Los datos climatológicos pueden servir para planificar la mejor época para el transporte de estructuras mediante potentes buques grúa y también para proyectar el desmonte y ensamblaje en el lugar. Estas operaciones son sensibles a las condiciones de viento y de las olas y se realizan mejor cuando sea muy probable que el tiempo sea favorable. Sin embargo, el calendario real es un compromiso inevitable entre los factores de ingeniería y los logísticos.

Estas industrias alejadas de las costas son uno de los mayores usuarios de los servicios de predicción especializados. El transporte y montaje de los componentes principales precisan de predicciones especializadas de rutas y de períodos de buen tiempo para evitar o reducir los daños y los períodos de alto coste con los equipos y el personal inactivos. Muchas de las operaciones de mantenimiento y hasta la misma producción dependen de niveles críticos de la altura de las olas y pueden ser necesarios avisos con unas 12 horas de antelación de condiciones adversas para poner los equipos en condiciones de seguridad. En zonas propicias a temporales tropicales se requieren avisos anticipados para permitir la evacuación del personal si resultase necesario, y los mismos problemas se plantean en relación con el desplazamiento de los icebergs en las latitudes superiores. Las condiciones subacuáticas son importantes para las actividades de buceo.

Las comunicaciones y el suministro de servicios a las industrias alejadas de la costa no suelen ser difíciles, pero se otorga mucho valor a la información del personal al comienzo de la jornada de trabajo y se puede requerir que un predictor esté en el lugar durante operaciones particularmente sensibles. Al mejorar las técnicas de modelización del medio ambiente océano/atmósfera, se está haciendo posible automatizar la redacción de predicciones del tiempo en el océano y descargar al predictor del lugar de la necesidad de combinar los diversos parámetros a la vista del uso que se propone. Así pues, puede dedicarse más tiempo a la interpretación y a la interacción con el cliente. Si no está presente ningún predictor, el usuario obtiene automáticamente un producto que está hecho a su medida y es aplicable de inmediato a la actividad de que se trata.

### **Desarrollos futuros**

Muchos Servicios Meteorológicos e industrias son conscientes de los beneficios económicos del asesoramiento meteorológico. En el mundo desarrollado se proveen muchos servicios especializados y se dedica un esfuerzo importante a identificar y satisfacer necesidades futuras. Se mejoran continuamente los modelos meteorológicos y oceanográficos para asimilar todos los datos disponibles, incluyendo la componente de la teledetección, y está aumentando la elaboración de productos de predicción integrados. En muchos casos, esto implica el uso de modelos particularizados que cubren zonas geográficas restringidas.

En el mundo en desarrollo, las naciones experimentan más dificultades para comprender los beneficios económicos de la meteorología marina y de la oceanografía porque no tienen capacidad de crear y utilizar familias de modelos meteorológicos oceánicos. Una de las soluciones posibles consiste en la creación de Centros meteorológicos marinos regionales especializados. Hay necesidad de uno o dos de estos centros, con posibilidad de

explotar modelos meteorológicos oceánicos mundiales. Estos centros podrían hacer llegar sus productos a los otros centros regionales, que pondrían en funcionamiento cada uno modelos meteorológicos oceánicos locales, limitados geográficamente pero más detallados, usando la información mundial para obtener las condiciones de borde. En cada región geográfica, el centro correspondiente pondría sus productos de meteorología oceánica a disposición de los Servicios Meteorológicos nacionales locales. Este arreglo permite que los Servicios Meteorológicos dediquen sus recursos a la elaboración de productos especializados, para satisfacer las necesidades de sus propios clientes locales, trabajando sobre la base del producto regional. Dicho arreglo potencia el uso de unos recursos escasos, evita la

duplicidad y tiene la ventaja de fomentar una relación muy interactiva a nivel nacional, con la consiguiente mejora en la calidad del servicio.

## Referencias

- HOPKINS, J. S., 1990: *Advances in Meteorological Services to the Offshore and Shipping Industries* Reunión del Institute of Marine Engineers and Royal Institution of Naval Architects Joint Offshore Group.
- SHEARMAN, R. J., 1986: *Applications of Marine Climatological Data*. Boletín de la OMM 35 (3).
- STRATTON, R.A., 1990: *Remotely Sensed Data for Wave Forecasting*. Meteorological Magazine 119, Meteorological Office, Bracknell.

# CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE MARINO: UNA PERSPECTIVA DE LAS INCERTIDUMBRES Y REQUISITOS DE LA INVESTIGACION

Por J.M. BEWERS\* y G.E.B. KULLENBERG\*

## Introducción

El propósito de este artículo es resumir los puntos de vista científicos actuales sobre la naturaleza y extensión de la contaminación marina. Intenta proporcionar una estimación equilibrada de la gravedad del problema y de sus consecuencias y definir aquellas zonas de la incertidumbre científica actual que requieren una solución para proporcionar una evaluación autorizada y equilibrada de los daños contemporáneos y de las amenazas futuras. Resume las necesidades de nuevos estudios e investigaciones para resolver las discusiones científicas pendientes. Lo empleamos para

bosquejar los elementos de las investigaciones internacionales concertadas que se requieren para predecir y prevenir ulteriores degradaciones del medio ambiente marino.

El medio ambiente marino es extenso y heterogéneo. En consecuencia, rara vez se justifica la discusión de la contaminación marina sin especificar la naturaleza o tamaño de la zona afectada. Hay excepciones a esta afirmación, asociadas con la presencia de ciertos contaminantes ubicuos tales como el plomo y ciertas clases de residuos materiales sólidos. Los efectos perjudiciales de los contaminantes pueden ser no solamente los asociados con los efectos directos sobre los

\* Jefe de la División de Química Marina del Instituto Bedford de Oceanografía, Dartmouth, Canadá.

\*\* Secretario de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental.