

bien recibido por los marineros, también ayuda a aumentar el perfil de los SMN implicados en el SMSSM.

Ya hay muchas ideas para desarrollar más el servicio. En lo que respecta a la información meteorológica, por ejemplo, se podrían añadir boletines preparados para las emisiones NAVTEX, ofrecer un área de intercambio entre el sitio y la versión electrónica de la publicación, información para la navegación (OMM-N.º 9, Volumen D)

o incluir futura información gráfica del SMSSM. Más aún, la emisión del SMSSM no está restringida a la información meteorológica, y, por lo tanto, podría ampliarse el diseño del sitio Web, en colaboración con la Organización Hidrográfica Internacional (que es responsable de coordinar las alertas a la navegación) a toda la información de seguridad marítima. Tal vez podría crearse después el sitio Web [navwarnings.gmdss.org](http://navwarnings.gmdss.org).

## *El atlas mundial de climatología de olas del KNMI/ERA-40 en la Web*

Por Sofia CAIRES<sup>1</sup>, Andreas STEARL<sup>2</sup>, Gerbrand KOMEN<sup>2</sup> y Val SWAIL<sup>3</sup>

### Introducción

El Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (CEPMMP) ha terminado recientemente un reanálisis atmosférico que abarca el período comprendido entre septiembre de 1957 y agosto de 2002 (ERA-40). Uno de los productos de ERA-40 consta de campos mundiales cada seis horas de velocidad del viento a 10 metros de altura ( $U_{10}$ ) y parámetros de olas, tales como la altura de olas significativa<sup>4</sup> ( $H_s$ ), el período de las olas medio por encima de cero y la dirección media de las olas. A partir de estos datos los autores han creado el atlas mundial de climatología de olas del KNMI y ERA-40 disponible en el sitio de Internet <http://www.knmi.nl/waveatlas>.

El atlas mundial de climatología de olas en la Web contiene, junto con algo de texto explicativo, estadísticas de olas obtenidas a partir de los datos que son importantes en la ingeniería oceánica y en la arquitectura naval. Su objetivo es doble. Por una parte, pretende ofrecer una descripción mundial del clima oceánico por medio de medidas estadísticas sencillas. Por otra parte, pretende revelar la existencia de la variabilidad decenal en el clima de olas y mostrar hasta qué punto esta variabilidad afecta a las estimaciones de parámetros como el valor de retorno en 100 años de la  $H_s$  (un

valor que se sobrepasa, de promedio, una vez cada 100 años, utilizado en el diseño de barcos y de estructuras litorales y costeras). La información de la variabilidad decenal también es de gran interés para la investigación del (efecto del) clima.

En términos de descripción del clima, nuestro atlas aprovecha la ERA-40 para complementar, actualizar y mejorar las pocas fuentes existentes y populares de estadísticas mundiales de olas, a saber, el libro *Global Wave Statistics (Estadísticas mundiales de olas)* de Hogben y otros (1986) y el *Atlas of the Oceans: Wind and Wave Climate (Atlas de los Océanos: Clima del Viento y de las Olas)* de Young y Holland (1996). La información de Hogben y otros se obtuvo de observaciones visuales de los Barcos de Observación Voluntaria (VOS), e incluye tablas con histogramas de frecuencia de  $H_s$  y período medio de las olas, que son muy utilizados, por ejemplo en ingeniería naval, para el cálculo de distribuciones a largo plazo de los momentos de los barcos en las rutas de navegación asignadas. Como los datos se originaron en barcos voluntarios y en estaciones meteorológicas, están afectados de la informalidad relativa de las observaciones visuales y de la pobre cobertura espacial que se produce fuera del Atlántico Norte. Debido a la extrema utilidad de estas tablas, es fundamental que se faciliten en forma mejorada y a escala mundial, lo que, con la disponibilidad de ERA-40, es posible ahora.

El atlas de Young y Holland se creó utilizando tres años de datos de altímetro. No incorpora información sobre períodos y dirección de las olas, ya que estas magnitudes no se pueden obtener con fiabilidad de las observaciones de altímetro; contiene muchas estadís-

<sup>1</sup> Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos y Environment Canada

<sup>2</sup> Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos

<sup>3</sup> Environment Canada

<sup>4</sup> La altura de olas significativa es el promedio del tercio de olas más alto en un estado del mar. Corresponde a lo que informa un marino experimentado para caracterizar la altura de una ola

ticas mundiales de velocidad del viento y de  $H_s$ , tales como medias y cuantiles. Los datos de ERA-40 tienen una resolución espacial y temporal uniforme, y abarcan un período mucho mayor, permitiendo la realización de una climatología que es más estable que la de Young y Holland. Además, se posibilita el análisis de valores extremos y surge la posibilidad de analizar series temporales, lo que no se podría hacer a partir de las pasadas del satélite.

Por lo que respecta a la variabilidad del clima, el atlas analiza e informa de la variabilidad observada durante el período de 45 años cubierto por la ERA-40, prestando especial atención a sus efectos sobre las estimaciones de parámetros. Por ejemplo, la variabilidad del clima se pone de manifiesto por la incompatibilidad en ciertas regiones de las estimaciones del valor de retorno en 100 años de  $H_s$  basadas en los datos de tres décadas distintas. Esta parte del atlas también pretende ser un complemento y un suplemento de la literatura actual, es decir de los estudios de variabilidad de las olas oceánicas, como los de WASA (1998) y los de Wang y Swail (2001), que estaban limitados al hemisferio norte.

### Los datos de ERA-40

Sólo es posible realizar una buena descripción del clima de los vientos y de las olas del océano si se dispone de un gran conjunto de datos (que abarquen al menos 30 años) con resolución temporal y espacial uniforme. Una buena descripción de su variabilidad y de las tendencias posibles requiere también que el conjunto de datos sea homogéneo: la calidad de los datos debería ser constante en el tiempo de manera que no existan saltos o tendencias falsas en los datos debido a una representación mejor o peor de la realidad.

Antes de la aparición de los modelos de olas, las únicas fuentes de las condiciones de las olas, principalmente la  $H_s$ , eran estimaciones y medidas visuales. Se dispone de observaciones visuales de los VOS desde mediados del siglo XIX, pero su calidad algunas veces es baja (Gulev y otros, 2003). Se dispone de observaciones y medidas tomadas por barcos ligeros desde la década de 1950, y de observaciones de boyas desde la década de 1970 (véase, por ejemplo, Gilhousen, 1999). Todos estos conjuntos de datos están restringidos a las localizaciones costeras o las rutas navieras, y se concentran sobre todo en el hemisferio norte. Desde la llegada de los satélites, se dispone en todo el mundo de medidas de altímetro de la  $H_s$  (véase, por ejemplo, Cotton y Carter, 1994). Sin embargo, además de abarcar solo períodos cortos y recientes, los datos de altímetro están confinados a las trayectorias de los satélites y, por lo tanto, no pueden dar una visión de las condiciones mundiales en un momento dado; y como ciertas

regiones se visitan una vez cada tres días (o incluso con menor frecuencia) no ofrecen una descripción exhaustiva de la variabilidad.

Desde la Segunda Guerra Mundial se han utilizado los modelos numéricos de olas para predecir y simular retrospectivamente las condiciones de las olas. Sus algoritmos físicos y numéricos se han mejorado con el tiempo, al igual que la calidad de los campos de viento de entrada. Junto con la introducción de la asimilación de datos a mediados de la década de 1990 (Komen y otros 1994), estas innovaciones hacen que las predicciones actuales de olas sean tan fiables que se suministran operativamente en los principales institutos meteorológicos (véase, por ejemplo, Bidlot y otros, 2002, y Tolman y otros, 2002). Las predicciones de modelos numéricos son hasta ahora la única fuente de observaciones mundiales con resolución temporal y espacial uniforme.

Los modelos de olas utilizan como entrada la  $U_{10}$ , que se obtiene de modelos numéricos atmosféricos. Los centros de predicción operativa realizan una descripción completa del estado de la atmósfera, incluida la  $U_{10}$ , cuatro veces al día. Esto requiere el conocimiento del estado atmosférico (“el tiempo”) en conjunto, lo que se obtiene mediante una combinación de la última predicción y de todas las observaciones nuevas de forma que no se violen las leyes físicas (la asimilación de datos mencionada antes); el resultado de este paso, en absoluto trivial, se llama análisis y en el CEPMP lleva alrededor del 40 por ciento del tiempo de computación necesario para hacer una predicción. En principio, los datos obtenidos podrían ser una fuente de información útil para todos los tipos de investigaciones de la variabilidad de la atmósfera a largo plazo. Sin embargo, los modelos de predicción meteorológica (incluido el procedimiento de análisis) se mejoran continuamente, y la variabilidad en los análisis está dominada, por lo tanto, por los cambios de los modelos, más que por la variabilidad natural, lo que los hace inadecuados para los estudios de variabilidad. El objetivo del reanálisis es solucionar este problema de inhomogeneidad: se utiliza un sistema de análisis de vanguardia para repetir el procedimiento de análisis para el pasado, yendo atrás en el tiempo hasta donde permite la cobertura de los datos disponibles y, como resultado, se obtiene una descripción completa de la atmósfera a lo largo de un período grande de tiempo, que está libre de inhomogeneidades debidas a los cambios del modelo. Desgraciadamente, permanecen las inhomogeneidades debidas a los cambios en la cobertura de los datos (véase Sterl, 2003).

La realización del reanálisis de ERA-40 utilizaba una versión del Sistema de Predicción Integrada (IFS) del CEPMP (<http://www.ecmwf.int/research/ifsdocs/>

index.html), que se usa para las predicciones operativas. Un rasgo característico del IFS es su acoplamiento a un modelo de olas, el famoso modelo WAM de tercera generación (Komen y otros, 1994, y Janssen y otros, 2002), lo que hace que la información de las olas oceánicas sea un producto natural de ERA-40. La resolución del modelo es de  $1,5^\circ \times 1,5^\circ$ , y la salida de los resultados tiene lugar a las horas sinópticas comunes 00, 06, 12 y 18 UTC. En <http://data.ecmwf.int/data/> se puede descargar un gran subconjunto del conjunto completo de datos de ERA-40, incluidos la  $H_s$ , el período medio de las olas y la dirección media de las olas. Debido a la resolución espacial de la malla y a la física de olas explicada en el modelo, los resultados no son válidos para las regiones costeras o de aguas poco profundas. Los ciclones tropicales no están resueltos en el sistema de ERA-40, así que las estadísticas para las regiones de tormentas tropicales pueden ser demasiado bajas.

### Validación y corrección de ERA-40

Los datos de las olas y del viento oceánicos de ERA-40 utilizados en el atlas se han validado ampliamente frente a medidas y productos de otros reanálisis (Caires y Sterl, 2003 (a), (c); Caires y otros, 2004). Comparados con los conjuntos de datos de la competencia, los datos de ERA-40 son de gran calidad, sobre todo en términos de medias mensuales y de otros estadísticos a largo plazo.

La evaluación de los datos se centró en la  $H_s$ , la  $U_{10}$ , el período medio de las olas (por encima de cero) y la dirección media de las olas. Las comparaciones con las observaciones se hicieron sobre todo a partir de 1978, cuando se empezó a disponer de observaciones de boyas, y se restringen al hemisferio norte. Los datos de la  $H_s$  y de la  $U_{10}$  de 1987 a 1989 y a partir de 1993 también se evaluaron frente a observaciones mundiales de altímetro de los altímetros GEOSAT y TOPEX, respectivamente. Las comparaciones para el período anterior a 1978 se hicieron solo en un punto del hemisferio norte.

He aquí un resumen muy breve de la validación. Los campos de olas medios mensuales pueden compararse bien con las observaciones, pero la serie temporal sinóptica de la  $H_s$  muestra picos menores que los medidos y, a la vez, se tiende a sobrestimar ligeramente los senos bajos. Los datos del período medio de las olas se sobrestiman con frecuencia, con errores cuadráticos medios mensuales por debajo de dos segundos. Los datos de ERA-40 se beneficiaron de la asimilación de las medidas de  $H_s$  con los altímetros ERS-1 y ERS-2 de diciembre de 1991 a mayo de 1996 (con una interrupción) y a partir de junio de 1996, respectivamente; la manera en la que esto ha influido en la calidad de los datos de olas de ERA-40 se explica detalladamente en Caires y Sterl (2003 (c)). La calidad de los datos de la  $U_{10}$  no se ve afectada por la asimilación de las medidas de altímetro de la  $H_s$ ; sin embargo, parece depender de la asimilación de datos de satélite afines, de los que se dispuso en 1979, pero esta dependencia es difícil de cuantificar. Además de algunas subestimaciones de picos altos, los datos de la  $U_{10}$  se pueden comparar bastante bien con las observaciones, con errores cuadráticos medios mensuales inferiores a 2 m/s. Hay algunas pruebas de que las subestimaciones son menos severas en los datos para el período anterior a 1980.

153

Motivado por las deficiencias del conjunto de datos de  $H_s$  de ERA-40, se corrigieron los datos mediante un método no paramétrico que predice el sesgo entre los datos de  $H_s$  de ERA-40 y las medidas del altímetro TOPEX (Caires y Sterl, 2003 (c)), creando así un nuevo conjunto de datos mundiales de seis horas de la  $H_s$  de 45 años: el conjunto de datos C-ERA-40. La comparación de los datos corregidos con las medidas de la  $H_s$  tomadas de boyas y con los datos mundiales de altímetro muestra mejoras claras en el sesgo, la dispersión y los cuantiles a lo largo de todo el rango de valores.

### Descripción y puntos destacados del atlas

El atlas está dividido en cinco partes principales: introducción y antecedentes; descripción de las fuentes

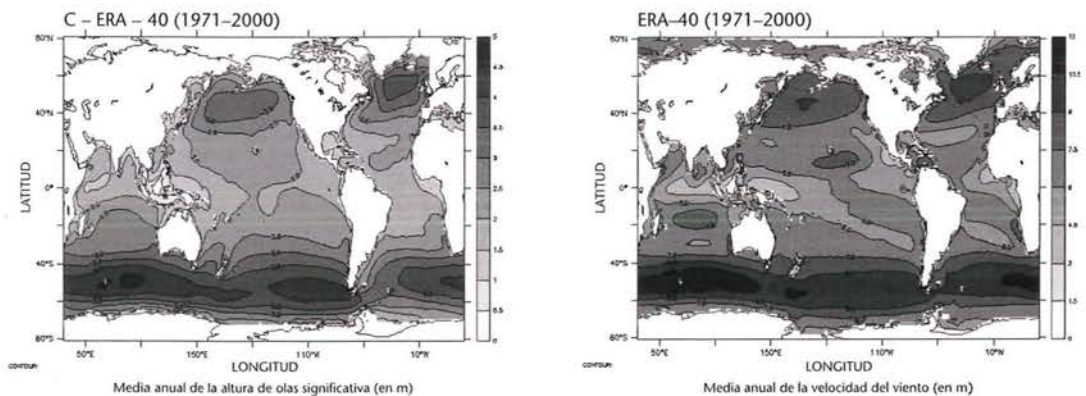


Figura 1 — A la izquierda: clima medio anual de la  $H_s$ . A la derecha: clima medio anual de la  $U_{10}$ .

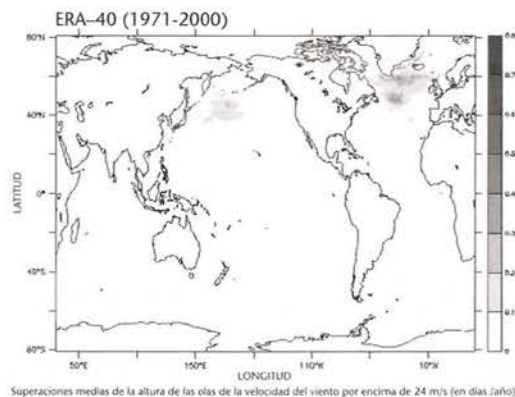
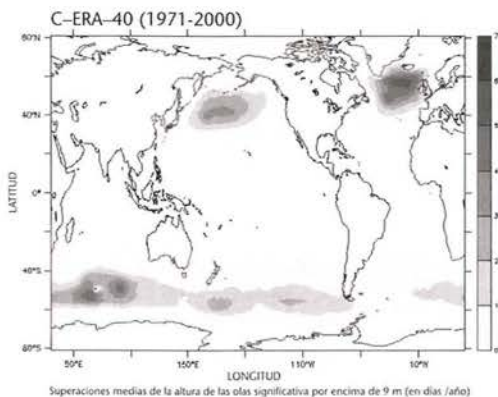


Figura 2 — A la izquierda: Superaciones medias anuales por encima de 9 metros de la  $H_s$  en días por año. A la derecha: Superaciones medias anuales por encima de 24 m/s de la  $U_{10}$  en días por año.

de datos; validación de datos; descripción del clima y variabilidad climática. Aquí describiremos con cierto detalle la manera en la que se presenta en el atlas la información sobre el clima y su variabilidad.

### Clima

El clima es, por definición, la síntesis de las condiciones meteorológicas en una zona determinada, caracterizada por las estadísticas a largo plazo (valores medios, desviaciones estándar, cuantiles, etc.) de los elementos meteorológicos de esa zona. Según la recomendación de la OMM, sería preferible basarse en 30 años de datos. Por lo tanto, la información del clima de las olas suministrada se basó en los 30 años de datos de ERA-40, desde 1971 hasta 2000. Incluye medias mensuales y anuales, desviaciones estándar, los percentiles 90 y 99, el tiempo medio anual de superación de ciertos umbrales, a saber, 3, 6 y 9 m para la  $H_s$  y 11, 17 y 24 m/s para la  $U_{10}$ <sup>5</sup>, los histogramas de frecuencia tabulada de la  $H_s$  y el período medio de las olas, y las estimaciones de los valores de retorno de 100 años. Basándonos en la aplicación del método de Pico por Encima del Umbral se obtuvieron estimaciones mundiales del valor de retorno de 100 años. Para maximizar su precisión, estas estimaciones se computaron utilizando todo el conjunto de datos. Como los datos de ERA-40 subestiman los picos altos de la  $H_s$  y de la  $U_{10}$ , hemos aplicado una corrección lineal a los valores de retorno estimados basándonos en datos de boyas y de altímetro.

La figura 1 muestra los climas medios anuales de la  $H_s$  y la  $U_{10}$ . Están caracterizados por valores altos en las regiones de paso de temporales del hemisferio norte y sur y por valores bajos en los trópicos. Las medias

más altas se producen en la región de paso de temporales del hemisferio sur. Por otra parte, las condiciones más extremas de olas y de viento se encontraron en el Atlántico Norte. La Figura 2 muestra las superaciones medias anuales de los umbrales de 9 m y 24 m/s de la  $H_s$  y la  $U_{10}$ , respectivamente. Ambos se superan con mayor frecuencia en las regiones de paso de temporales del hemisferio norte, sobre todo en el Atlántico Norte, donde también son mayores las estimaciones del valor de retorno de 100 años de la  $H_s$  (Figura 3) y de la  $U_{10}$ .

### Variabilidad del clima

El atlas describe la variabilidad del clima del viento y de las olas de distintas maneras. La variabilidad en una cuenca oceánica dada se resume por la serie temporal del promedio de las medias mensuales sobre la región en cuestión, utilizando la corrección de latitud y una técnica de suavizado para eliminar el ciclo anual.

La variabilidad se describe más detalladamente por medio de los mapas de anomalías mensuales y anuales de la media, y por los percentiles 90 y 99. La anomalía de un estadístico (p. ej., la media, un cuantil) en un período determinado es la diferencia entre el valor del estadístico calculado utilizando datos de ese período y su valor climático (en este caso, calculado utilizando los datos de 1971 a 2000).

Una de las maneras en las que puede revelarse la variabilidad es a través de la detección de tendencias. Por esta razón, el atlas presenta mapas de tendencias mensuales de la media y de los percentiles 90 y 99.

A los científicos les gusta usar el análisis de la función ortogonal empírica (FOE) para obtener los patrones principales de la variabilidad, ya que estos patrones pueden vincularse a mecanismos dinámicos posibles. El atlas presenta, para cada cuenca oceánica, los dos patrones espaciales de la FOE más importantes y las series temporales de sus coeficientes.

<sup>5</sup> Los umbrales de  $U_{10}$  se eligieron según las velocidades mínimas de la escala Beaufort 1100 de la OMM para brisa fuerte (Beaufort 6, 10,8 m/s), viento duro (Beaufort 8, 17,2 m/s) y temporal (Beaufort 10, 24,5 m/s).

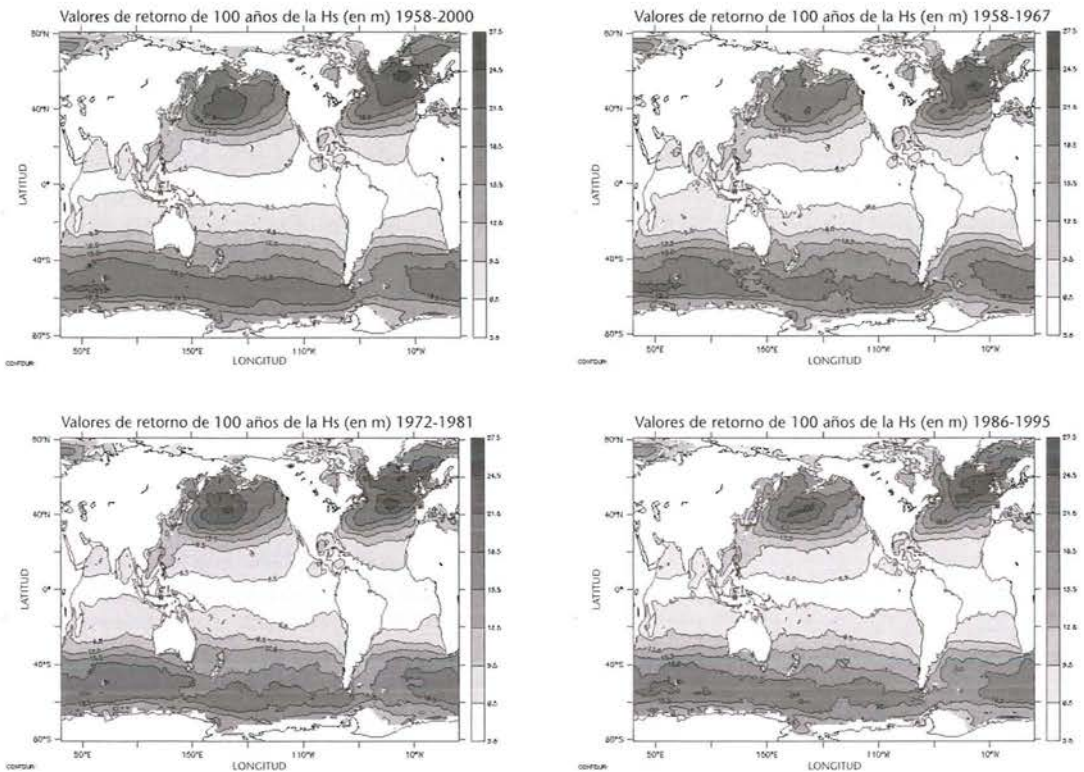


Figura 3 — Estimaciones corregidas del valor de retorno de 100 años de la  $H_s$  basadas en los datos de ERA-40 a partir de tres períodos de diez años distintos y del período ERA-40 completo, según se indica.

Por último, se describe el efecto que tiene la variabilidad decenal del clima en los estadísticos extremos, a saber, sobre el tiempo medio anual de superación de ciertos umbrales y sobre los valores de retorno de 100 años. La figura 3 muestra las estimaciones corregidas del valor de retorno de 100 años de la  $H_s$  basadas en los datos de ERA-40 a partir de tres períodos de diez años distintos. Las estimaciones obtenidas a partir de estos períodos difieren en los recorridos de los temporales del hemisferio norte; de manera específica, ha habido un aumento de las estimaciones en la parte más tormentosa de la región de paso de temporales del Pacífico Norte, y la localización espacial de las condiciones más borrascosas del Atlántico Norte ha estado cambiando. Estas diferencias pueden atribuirse a la variabilidad decenal del hemisferio norte, y pueden vincularse a cambios en la fase de la Oscilación del Atlántico Norte (OAN); véase Caïres y Sterl (2003 (b)).

## Referencias

- BIDLOT, J.-R., D. J. HOLMES, P. A. WITTMANN, R. LALBEHARRY, H. S. CHEN, 2002: Intercomparison of the performance of operational wave forecasting systems with buoy data. *Weather Forecasting*, 17 (2), 287-310.
- CAIRES, S. y A. STERL, 2003 (a): Validation of ocean wind and wave data using triple collocation. *J. Geophys. Res.*, 108 (C3), 3098, doi:10.1029/2002JC001491.
- CAIRES, S. y A. STERL, 2003 (b): On the estimation of return values of significant wave height data from the reanalysis of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. *Safety and Reliability*, Bedford y van Gelder (Eds.), ISBN 9058095517, 353-361.
- CAIRES, S. y A. STERL, 2003 (c): Validation of non-parametric correction of significant wave height data from the ERA-40 reanalysis. Preimpresión 2003-10 del KNMI. Presentado a *J. Atm. and Oceanic Tech.*
- CAIRES, S., A. STERL, J.-R. BIDLOT, N. GRAHAM y V. SWAIL, 2004: Intercomparison of different wind wave reanalyses. Aparecerá en *J. Climate*.
- COTTON, P. D. y D. J. T. CARTER, 1994: Cross-calibration of TOPEX, ERS-1 y GEOSAT wave heights. *J. Geophys. Res.*, 99(C12), 25025-25033.
- GILLHOUSEN, D., 1999: *Improvements in National Data Buoy Center measurements*. Disponible en <http://www.ndbc.noaa.gov/improvements.shtml>.
- GULEV, S. K., V. GRIGORIEVA, A. STERL y D. WOOLF, 2003: Assessment of the reliability of wave observations from voluntary observing ships: Insights from the validation of a global wind wave climatology based on voluntary observing ship data. *J. Geophys. Res.*, 108(C7), 3236, doi: 10.1029/2002JC001437.
- HOGBEN, N., N. M. C. DA CUNHA y G. F. OLIVER, 1986. *Global Wave Statistics*. Unwin Brothers, Londres, 661 pp.
- JANSSEN, P. A. E. M., J. D. DOYLE, J. BIDLOT, B. HANSEN, L. ISAKSEN y P. VITERBO, 2002: Impact and feedback of ocean waves on the atmosphere. En W. A. Perrie (Ed.), *Atmosphere*

*re-Ocean Interactions* (I, 155-197), *Advances in Fluid Mechanics*.

- KOMEN, G. J., L. CAVALERI, M. DONELAN, K. HASSELMANN, S. HASSELMANN y P. A. E. M. JANSSEN, 1994: *Dynamics and Modelling of Ocean Waves*. Cambridge Univ. Press, 532 pp.
- STERL, A., 2003: On the (in-)homogeneity of reanalysis products. Preimpresión 03-12 del KNMI. Presentado a *J. Climate*.
- TOLMAN, H. L., B. BALASUBRAMANIAN, L. D. BURROUGHS, D. V. CHALIKOV, Y. Y. CHAO, H. S. CHEN y V. M. GERALD,

2002: Development and implementation of wind generated ocean surface models at NCEP. *Weather Forecasting*, 17, 311-333.

- WANG, X. L. y V. R. SWAIL, 2001: Changes of extreme wave heights in northern hemisphere oceans and related atmospheric circulation regimes. *J. Climate*, 14, 2204-2221.
- Grupo WASA, 1998: Changing waves and storms in the Northeast Atlantic? *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 79, 741-760.
- YOUNG, I. R. y G. J. HOLLAND, 1996. *Atlas of the Oceans: Wind and Wave Climate*. Pergamon.

## Progresos en la supresión del granizo\*

### Introducción

La OMM, en colaboración con el Roshydromet (Servicio Federal Ruso de Hidrometeorología y Control Medioambiental), organizó una reunión de expertos en supresión del granizo en el Instituto Geofísico de Alta Montaña de Nalchik (en el Cáucaso). Los 28 expertos (trece de Rusia y quince de otros diez países) se reunieron en el Centro Ruso de Investigación de Supresión del Granizo, del 27 de septiembre al 2 de octubre de 2003.

### Antecedentes

Hay un interés generalizado en el tema de la supresión del granizo, motivado por intereses económicos y sociales. Ya a finales de la década de 1970 se estimaba que la pérdida mundial anual por daños ocasionados por el granizo superaba los 2 000 millones de \$ EE.UU. (850 millones de \$ EE.UU. sólo en los EE.UU.). Un estudio más reciente (R. Herzog, en el Congreso de Seguridad Profesional y Doméstica de 2002) mostraba que en los EE.UU., entre 1994 y 2000, las pérdidas por granizo verificadas sumaban una media de  $2,5 \times 10^9$  dólares EE.UU. por año. En los territorios de la antigua URSS, el daño ocasionado por el granizo se estimó en unos  $8 \times 10^8$  dólares EE.UU. por año. A la vez, se gastaron en proyectos mundiales de supresión del granizo menos de 100 millones de \$ EE.UU.

En la reunión de Nalchik, se informó de que sólo en China hay más de 1 600 proyectos secundarios con un área de 420 000 km<sup>2</sup> que utilizan la ayuda proporcionada por unos 200 radares digitalizados. En la antigua URSS, el área era de unos 110 000 km<sup>2</sup>; en Serbia, un área de 77 000 km<sup>2</sup> tenía 13 centros de radar; y en Bulgaria, el área era de 16 000 km<sup>2</sup>, con 10 radares. Las

necesidades agrícolas provocan y financian la mayor parte de las actividades de supresión del granizo en todos los países. Los prometedoros resultados económicos apoyados por datos físicos limitados pero fiables, están ocasionando que las compañías de seguros y los ministerios y/o las empresas de agricultura sigan con las actividades de supresión del granizo, aunque los procesos sean complicados y no se conozcan bien.

Ya en la década de 1970 el Comité Ejecutivo de la OMM puso de relieve que, a la vista de la naturaleza compleja de la formación del granizo y de los numerosos problemas sin resolver, era esencial financiar los esfuerzos internacionales para comprender mejor los procesos físicos que rigen las grandes nubes convectivas y la formación de granizo. Durante los 30 años siguientes, la OMM patrocinó seis reuniones de expertos (en 1977, 1979, 1981, 1984, 1995 y 2003) que se ocuparon de problemas particulares de la ciencia y de la incertidumbre de los procesos y la supresión del granizo. En el Decimocuarto Congreso Meteorológico Mundial, en 2003, se observó con agradecimiento que muchos países Miembros estaban realizando actividades operativas y de investigación destinadas a incrementar la precipitación y suprimir el granizo. Se consideraba esencial la necesidad de evaluación internacional por iguales. Esto volvió a confirmar las recomendaciones de la Conferencia de la OMM de Casablanca de 2003 de examinar los métodos de supresión del granizo con atención a su eficacia, su evaluación y los nuevos resultados de las actividades operativas y de la modelización numérica que habían surgido durante la última década.

### Hipótesis que sirve como base para la supresión del granizo

En la década de 1960 surgió el impulso para las operaciones de supresión del granizo, con un enfoque unifi-

\* Preparado por el Dr. Rumen D. Bojkov, Asesor Especial del Secretario General de Temas Medioambientales Mundiales