

J.S.H. — Los pilotos de aviación dicen con frecuencia que independientemente de los aterrizajes que hayan podido hacer siempre experimentan una sensación de satisfacción cuando realizan un aterrizaje casi perfecto. Creo que los predictores meteorológicos tienen una sensación parecida cuando hacen una buena predicción. ¡Al menos sucedía así en la era anterior a la PNT y a los satélites meteorológicos, en las pequeñas oficinas meteorológicas, en la que el analista de mesoescala y sinóptico y el predictor eran la misma persona! La predicción operativa del tiempo me ofreció no sólo mi ración justa de dolores de cabeza sino también unos pocos momentos de satisfacción relacionados con la predicción, particularmente, de tiempo severo o peligroso. Poder participar, en los últimos años, en discusiones de análisis y predicciones actuales, aunque mis obligaciones estuvieran en otro sitio, fue un placer especial.

En otro contexto, la meteorología internacional ha sido completamente inolvidable. Reunirme con los

jefes de casi todos los Servicios Meteorológicos del mundo en un Congreso de la OMM y tener la oportunidad de conversar con ellos y de recibir invitaciones para visitarlos fue una oportunidad asombrosa. Tal vez aquellos que vivan en partes del mundo más próximas a los principales centros de actividad no lo sientan así. Pero para alguien de las antípodas, en una época en la que los viajes y las comunicaciones internacionales no estaban tan desarrollados como ahora, fue una experiencia de cooperación y de conocimiento mundial amistosa y deseosa que sólo podía acelerar tanto el desarrollo personal como el nacional. Siempre estaré agradecido por haber tenido ese privilegio.

H.T. — John, me gustaría felicitarlo, en nombre de los lectores del Boletín de la OMM y en el mío propio, por su carrera, tan distinguida y llena de éxitos.

El sistema climático mundial en 2000

Temperaturas mundiales durante 2000

El conjunto de la temperatura media mundial del aire en superficie y de la superficie del mar de 2000 fue $0,29^{\circ}\text{C}$ superior a la normal climatológica del período 1961-1990. De todas formas, este calentamiento no se distribuyó de modo uniforme. La parte del hemisferio norte situada al norte de los 30°N sufrió en 2000 un calentamiento anómalo bastante mayor ($+0,65^{\circ}\text{C}$) que el de los trópicos y que el de la parte del hemisferio sur situada al sur de los 30°S ($+0,15^{\circ}\text{C}$ y $+0,19^{\circ}\text{C}$, respectivamente). La parte del hemisferio sur situada al sur de los trópicos estuvo más fría que en 1999 en, aproximadamente, $0,1^{\circ}\text{C}$. Desde mediados de 1998 las temperaturas de los trópicos se han visto influidas en gran medida por las condiciones del agua fría (La Niña), reinantes en el Pacífico tropical oriental.

Anomalías regionales de temperatura

Grandes partes de China y Mongolia sufrieron desde enero a febrero condiciones de tiempo extremadamente frío asociadas con nieve. Se vieron afectadas más de un millón de personas, con pérdidas económicas estimadas en más de 30 millones de \$ EE.UU. En enero y febrero, condiciones de frío intenso en algunas zonas de India produjeron más de 300 muertos. En mayo, la mayor parte de la zona occidental de la Federación Rusa, centrada en la región del Volga, sufrió

un período de frío intenso, con temperaturas entre 4 y 5°C por debajo de la normal. En América del Sur, Paraguay experimentó las temperaturas mínimas más bajas jamás registradas en casi todas las estaciones durante junio y julio.

Por el contrario, una ola de calor abrasador azotó la mayor parte del sur de Europa durante junio y julio, batiendo muchos récords y ocasionando numerosas muertes al sobrepasar las temperaturas los 43°C en localidades de Grecia, Italia, Rumania y Turquía. En Bulgaria, el 5 de julio, se establecieron nuevos récords de temperatura máxima absoluta del aire (en más de 100 años de observaciones) en más del 75 por ciento de las estaciones meteorológicas. En general, durante el año predominaron temperaturas más cálidas de lo normal en muchas regiones.

En Inglaterra, 2000 fue el decimoquinto año más cálido de los últimos 342 años de observaciones. En Francia, 2000 igualó a 1994 como el año más cálido desde 1948 y en Holanda igualó a 1999 y 1990 como años más cálidos desde 1900. Noruega registró el tercer año más cálido desde que empezaron las medidas en 1866 y la temperatura máxima de 11°C , el 5 de octubre en la Isla Bear del mar de Barents, batió el anterior récord de ese mes establecido en 1924. En los EE.UU., el período comprendido entre enero y octubre fue el más cálido registrado, pero el comprendido entre no-

El año 2000 fue el vigesimosegundo año consecutivo con una temperatura superficial media mundial por encima del valor normal del período 1961-1990 y el séptimo más cálido de los últimos 140 años, a pesar de la persistente influencia fría del episodio de La Niña. Los años más cálidos fueron 1998, 1997, 1995, 1990, 1999 y 1991.

La mayor parte del hemisferio norte situada fuera de la zona tropical experimentó temperaturas superiores a la media a lo largo de todo el año, excepto en el período de septiembre a noviembre, en el que gran parte de Asia y ciertas partes del centro oeste de América del Norte fueron más frías de lo normal. Con el predominio de las condiciones de La Niña, la parte oriental del Pacífico tropical estuvo más fría de lo habitual durante la mayor parte del año. El resto de los trópicos y la zona no tropical del hemisferio sur presentaron diversas anomalías, predominando el calor.

En el Atlántico, el número de tormentas con nombre propio se situó por encima de lo normal, pero en la región del Pacífico hubo menos ciclones tropicales. Los huracanes provenientes del Atlántico originaron grandes daños en América Central, mientras que los tifones del oeste del Pacífico ocasionaron lluvias que batieron el récord en Japón e inundaciones en la Península de Corea y en Vietnam. En diciembre, un ciclón tropical sobre el noroeste de Australia causó daños e inundaciones. Los sucesivos ciclones tropicales que barrieron el sur de África a principios de año originaron graves inundaciones que causaron cientos de víctimas e importante sufrimiento humano.

También se produjeron lluvias intensas e inundaciones, con pérdidas humanas y grandes daños a la propiedad, en otras cuantas zonas del mundo. Los sucesos más destacables fueron las graves inundaciones de octubre en los Alpes, en el sur de Europa; en el Reino Unido y en Francia de septiembre a diciembre; en Colombia de junio a agosto y, durante el monzón de verano, en Bangladesh, Camboya, India, la República Democrática Popular de Laos, Tailandia y Vietnam. Sólo en India se vieron afectadas más de 10 millones de personas con más de 650 muertos. Lluvias torrenciales y deslizamientos de lodo mortales ocasionaron estragos en América Central y del Sur en mayo y junio. En el oeste de Australia, amplias zonas sufrieron uno de los períodos de enero a abril más húmedos, con precipitación e inundaciones récord en muchas localidades.

viembre y diciembre fue el período bimensual más frío del que se tienen registros, y el año se situó como el decimotercero más cálido desde 1895. En Canadá, 2000 fue el séptimo año más cálido desde 1948. Japón registró su quinto año más cálido de sus 103 años de registros. Después de seis meses de temperaturas en general más frías que la media, en julio se produjo un calentamiento inusual en ciertas partes de Australia y continuó en la primavera del hemisferio sur. Los asistentes a los Juegos Olímpicos de Sydney sufrieron condiciones de calor inusuales, ya que las temperaturas máximas de septiembre se situaron, en promedio, entre 4 y 5°C por encima de la normal en un amplio cinturón del centro y el este de Australia. Pero, a pesar de este cálido septiembre, en Australia las temperaturas anuales estuvieron por debajo del promedio del período 1961-1990 por primera vez desde 1984. Nueva Zelanda sufrió un principio de año frío, en contraste con su período invernal (de junio a agosto), que fue el segundo más cálido de los últimos 140 años.

Sequía e incendios

La mayor parte del sudeste de Europa, el Próximo Oriente, y la zona que va desde el centro de Asia al nor-

te de China se vieron afectados por importantes sequías. Afganistán, Bulgaria, Irak, la República Islámica de Irán y ciertas partes de China resultaron especialmente afectados. Fue la peor sequía en más de 30 años en la República Islámica de Irán, con destrucción de cosechas y muerte de ganado. Ciertas zonas del noroeste de India sufrieron un segundo año consecutivo de lluvia del monzón insuficiente. En Bulgaria, las condiciones de calor y sequedad provocaron 1 400 incendios que consumieron más de 58 000 hectáreas, destruyendo 73 hogares. Grecia también padeció cientos de incendios durante el período más intenso de la ola de calor, en particular en Samos, donde el fuego consumió la quinta parte de la isla. En América del Norte, los meses con temperatura por encima de la media coincidieron con precipitaciones por debajo de la normal en el norte de México y en gran parte de las regiones meridionales y occidentales de los EE.UU., originando una de las peores temporadas de incendios de los últimos 50 años. El 36 por ciento de los EE.UU. estaba a finales de agosto bajo condiciones de sequía de severa a extrema.

El tercer año consecutivo de precipitaciones por debajo del valor normal en el Cuerno de África agravó

las condiciones de sequía existentes en la mayor parte de la zona, ocasionando grave escasez de comida. Resultaron afectadas por esta sequía 10 millones de personas. Etiopía, ciertas partes de Yibuti, Eritrea, Kenia, Somalia y la República Unida de Tanzania fueron especialmente castigadas.

Huracanes y tifones

Durante 2000, el Atlántico sufrió 15 huracanes y tormentas tropicales, muy por encima de la media de 10 huracanes en un período largo. El Pacífico experimentó sólo 22 tormentas, por debajo del promedio anual de 28. Muchas de esas tormentas produjeron cantidades extremas de precipitación, inundaciones y daños. Por ejemplo, el huracán *Keith* originó graves daños en América Central en octubre. En el Pacífico, el tifón *Prapiroon* azotó la costa occidental de Corea, ocasionando lluvias implacables e inundaciones repentinas en agosto y septiembre, y en septiembre el tifón *Saomai* originó precipitaciones que batieron los récords en ciertas partes de Japón. A principios de septiembre, una tormenta tropical azotó Vietnam aumentando las inundaciones del monzón en la zona del delta del Mekong y contribuyendo a los grandes problemas que se produjeron allí. El ciclón *Steve* siguió una trayectoria inusualmente larga a través de Australia en febrero y marzo, ocasionando graves inundaciones en algunas localidades. El tifón *Xangsane* azotó Filipinas a finales de octubre, causando muertes e importantes daños. A finales de noviembre, se formó en el Golfo de Bengala un ciclón mayor (el 03B) que alcanzó el sur de la península india originando graves daños a las propiedades por la precipitación y por el viento. Sin lugar a dudas, los ciclones más devastadores del año fueron *Leon-Eline*, *Gloria* y *Hudah*, que azotaron Madagascar, Mozambique y ciertas partes del sur de África, causando inundaciones severas y muertes en el período comprendido entre febrero y abril.

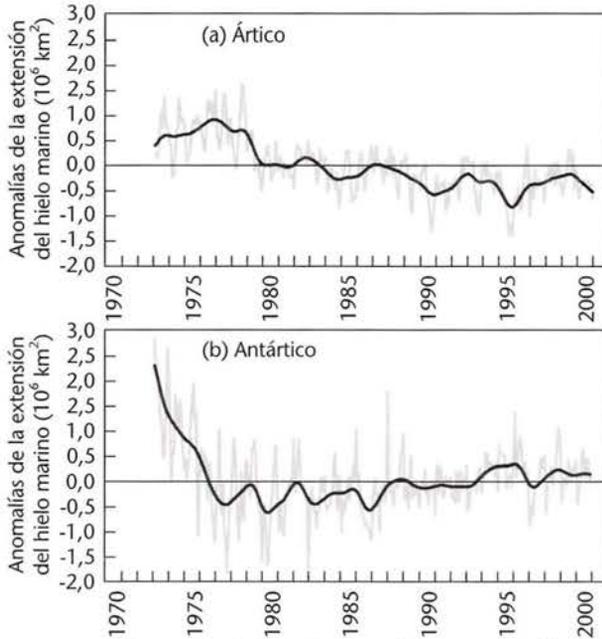
Inundaciones y otras anomalías de la precipitación

Las graves inundaciones provocadas por la precipitación excesiva del monzón de verano en ciertas partes del sur de India, y en Bangladesh, Camboya, Tailandia, la República Democrática Popular de Laos y Vietnam ocasionaron pérdidas humanas y grandes daños a las propiedades. Sólo en India se vieron afectadas más de 10 millones de personas, con más de 650 muertos.

Las inundaciones y los deslizamientos de lodo se cobraron muchas víctimas en América Central y del Sur en mayo y en junio. Las lluvias torrenciales provocaron deslizamientos de lodo que mataron a 13 personas en Guatemala. En Nicaragua, el río Rama creció 4,5 m y se desbordó el 21 de junio, inundando casi toda la ciudad de Rama de 10 000 habitantes. Colombia se vio afectada por inundaciones severas desde junio a agosto. Ciertas zonas del centro de Chile experimentaron el mes de junio más húmedo en 80 años, en contraste con un importante déficit de precipitación que caracterizó al resto de la estación húmeda (de mayo a agosto).

En Australia, grandes zonas sufrieron uno de los períodos de enero a abril más húmedos de la historia, con precipitación e inundaciones récord en muchas localidades, en especial en el oeste de Queensland. En noviembre, las lluvias intensas originaron inundaciones generalizadas en zonas de Nueva Gales del Sur y de Queensland. La precipitación total de Australia en 2000 fue la segunda más alta desde 1900. El total anual de 12 461 mm de precipitación registrado en 2000 en Bellenden Ker, en el norte de Queensland, constituyó un nuevo récord australiano de precipitación en una estación de observación individual.

Abril fue el más lluvioso y el período trimestral de octubre a diciembre fue el más húmedo de los regis-



Anomalías mensuales (en millones de km^2) de la extensión del hielo marino en el Ártico (a) y en el Antártico (b) para el período 1973-2000, obtenidas de los datos de las sondas de microondas pasivas del satélite. La fuente de los datos es el conjunto de datos HadISST1. Las anomalías son respecto al período 1973-2000. (Fuente: Centro Hadley, Met Office)

trados en la serie de precipitación mensual de Inglaterra y Gales, que abarca 235 años de medidas. Tanto octubre como noviembre tuvieron cada uno la precipitación diaria más alta registrada nunca en Inglaterra y Gales en esos meses, en los 70 años de registros. La persistencia de las precipitaciones por encima de la media desde septiembre a diciembre originó importantes inundaciones en muchas zonas de Inglaterra, Gales y Francia. El nordeste de Italia y el sur de Suiza sufrieron inundaciones severas y deslizamientos de lodo en octubre. Ciertas zonas del sudeste de Noruega experimentaron el año más húmedo desde el comienzo de las mediciones en 1895 y algunas estaciones superaron en más de cinco veces el valor normal de la precipitación en noviembre. Por el contrario, desde que empezaron los registros en 1920, noviembre fue el más seco en Reikiavik, en Islandia.

En julio, Canadá sufrió su primer tornado mortal en más de 14 años y, en lo que constituye un fenómeno raro, en octubre, un huracán tocó tierra en Newfoundland. En otro extraño suceso, una tormenta atravesó Barrow, en Alaska, el 20 de junio. A principios de noviembre, cayeron 692 mm de precipitación en un período de 24 horas en Hilo, en Hawai, batiendo el anterior récord en 24 horas, de 566 milímetros.

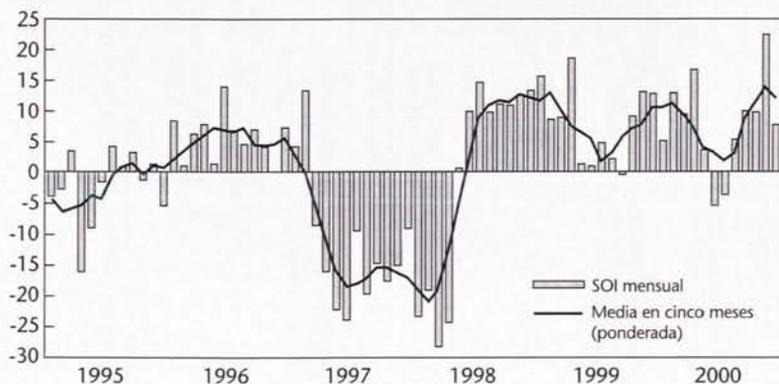
Ozono estratosférico

Como consecuencia de las medidas puestas en práctica por los países en apoyo al Protocolo de Montreal, la abundancia estratosférica de compuestos de cloro manufacturados se ha estabilizado alrededor de 4 ppbv. Tales concentraciones son capaces de producir una gran destrucción de ozono estratosférico si se dan las condiciones meteorológicas adecuadas. Debido a la larga vida de los compuestos de cloro, su efecto sobre los niveles de ozono continuarán, probablemente, durante varias décadas.

En la baja estratosfera (entre 10 y 22 km) del Ártico se produjeron importantes pérdidas de ozono en latitudes medias-altas y polares durante 2000. Éstas alcanzaron su mayor extensión en marzo, cuando se podían encontrar desviaciones de entre -20 y -30 por ciento (respecto a las medias de 1964-1976) en un área con latitudes superiores a los 65° N, que se extendía desde el norte de Escandinavia, a través de la Federación Rusa, hasta aproximadamente los 130° E. En otros lugares del hemisferio norte, durante el mismo período, hubo desviaciones negativas de entre el 10 y el 12 por ciento desde España a Ucrania y del 6 al 10 por ciento en América del Norte.

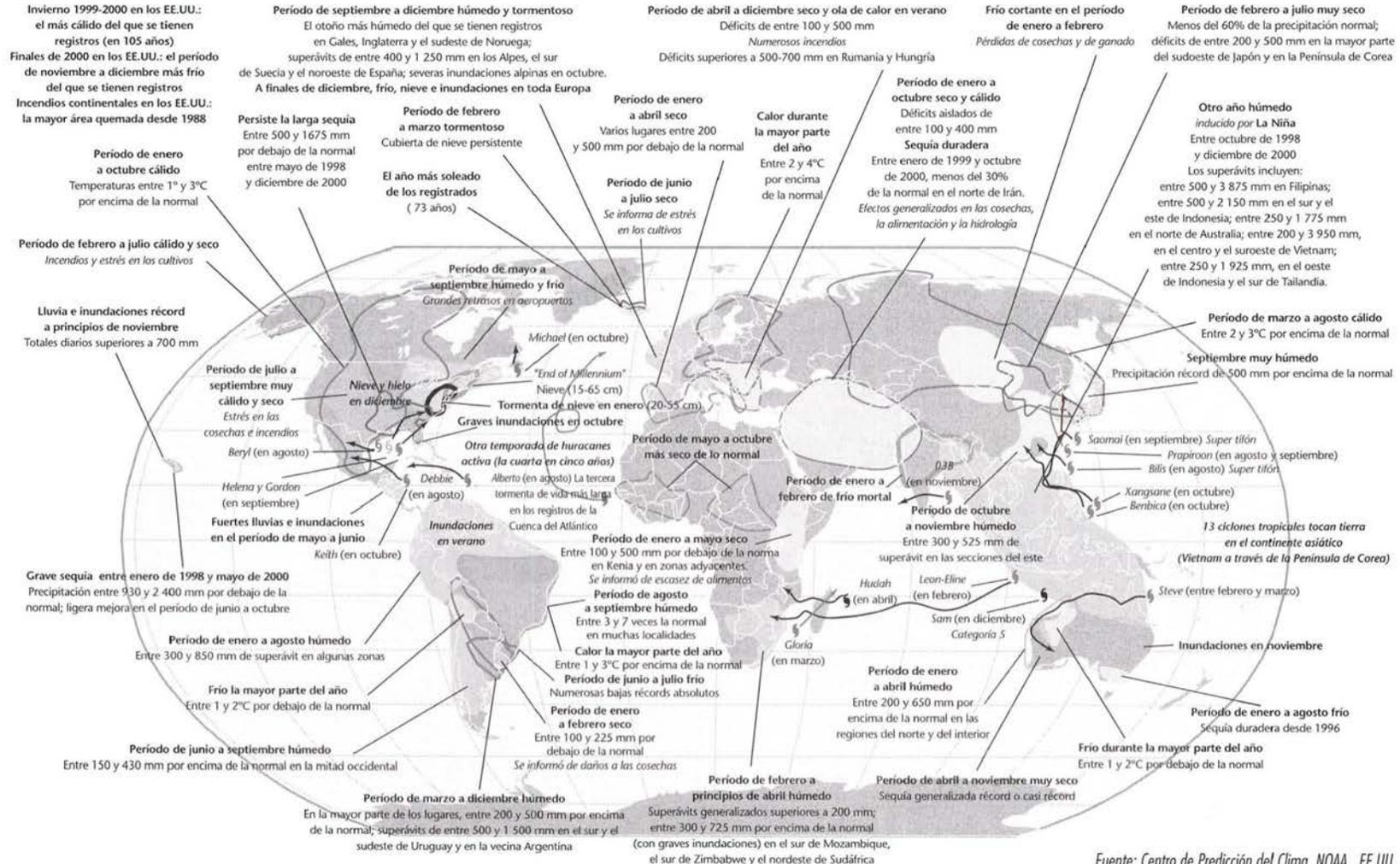
LA NIÑA

Durante la mayor parte del año predominaron las condiciones frías de El Niño/Oscilación Austral (ENOA) en el Pacífico oriental, mientras que el largo episodio de La Niña, que empezó a mediados de 1998, se debilitaba hasta valores casi normales durante el período de junio a agosto, y se volvía a intensificar más avanzado el año. Las configuraciones de la precipitación en los trópicos reflejan las condiciones típicas de La Niña durante la primera mitad y hacia finales del año. El sur de Asia se vio afectado por precipitaciones intensificadas durante el monzón de verano. El Océano Índico tropical, Indonesia y el oeste del Pacífico tropical también sufrieron una gran intensificación en sus precipitaciones, mientras que la parte central del Pacífico tropical no tuvo prácticamente ninguna precipitación. Entre otras regiones que vieron intensificada su precipitación bajo la influencia de La Niña durante el período se encuentran la parte nororiental de América del Sur y el sur de África. Por el contrario, el episodio de La Niña fue un factor que contribuyó a que se dieran precipitaciones por debajo de la normal en el este ecuatorial de África y a lo largo de la Costa del Golfo de los EE.UU.



Valores mensuales del Índice de Oscilación Austral (la diferencia normalizada de la presión del aire en superficie entre Darwin y Tahití) y los valores suavizados usando un filtro binomial de cinco puntos. Fuente: Centro Nacional del Clima, Oficina de Meteorología, Australia.

ANOMALÍAS DEL CLIMA Y SUCESOS EPISÓDICOS IMPORTANTES DE 2000



En el hemisferio sur el comportamiento del agujero de ozono fue más raro. Ya a principios de agosto se observó sobre el Antártico una zona excepcionalmente grande de temperaturas estratosféricas muy bajas —tan bajas como -93°C —. A primeros de septiembre, el agujero de ozono era el más grande registrado, y a finales de septiembre y comienzos de octubre era también el más intenso, con pérdidas de ozono atmosférico total superiores al 50 por ciento con respecto a los días anteriores al agujero, en la mayor parte de la zona. Sin embargo, a finales de octubre, el agujero de ozono se había disipado rápidamente y se convirtió en uno de los más pequeños y más débiles de la década pasada.

Hielo marino

La zona de océano cubierto por hielo marino se observa principalmente mediante satélite y esto limita la longitud de los registros de la extensión del hielo marino tanto en el Ártico como en el Antártico. Los cerca de 30 años de datos de satélite, y las medidas directas más antiguas desde localidades específicas, indican una importante variabilidad interanual de la ex-

WMO STATEMENT ON THE STATUS OF THE GLOBAL CLIMATE IN 2000



La Declaración de la OMM sobre el Estado del clima mundial en 2000, un folleto a color de 12 páginas, está disponible ahora (OMM-Nº 920) en la Secretaría. También se puede conseguir en formato PDF en "Hot topics" de la página de la OMM.

tensión y de las características del hielo marino. Sobre todo, ha habido una disminución de la extensión del hielo marino ártico de casi el 3 por ciento por década desde los años 70. Las aguas del Ártico se encuentran cubiertas por una capa de hielo esencialmente sólido a lo largo del invierno y el hielo empieza a romperse en julio. Algunas zonas costeras se ven prácticamente libres de hielo durante agosto y septiembre y el movimiento constante del bloque de hielo hace que se abra y se cierre aleatoriamente. La observación del agua en el Polo Norte durante el verano de 2000, aunque sea extraña, no evidencia por sí misma un calentamiento mundial. De todas formas, es consistente con las tendencias y con las observaciones regionales del calentamiento local (p. ej. $1,3^{\circ}\text{C}$ de aumento durante las tres últimas décadas en Resolute, en Canadá) y con las observaciones submarinas de la reducción del grosor del hielo.

La extensión del hielo marino en el Ártico en 2000 estuvo por debajo de la media de períodos largos durante el año, aunque en el Antártico los valores estuvieron ligeramente por encima de la media de períodos largos durante la mayor parte del año.

223

Marco económico para la provisión de servicios meteorológicos

Por J. W. ZILLMAN¹ y J. W. FREEBAIRN²

Introducción

Se ha descrito el papel de los servicios meteorológicos y afines, en apoyo de la seguridad, de la preservación y del bienestar general de la sociedad, en la contribución al aumento de la prosperidad económica de los individuos, empresas, industrias y naciones y en el suministro de una base científica más informada para la protección de la calidad del entorno natural, en una

amplia serie de publicaciones a lo largo del siglo XX (por ejemplo: Moore, 1910; Brunt 1928; Berry, Bolla y Beers, 1945; *Meteorological Office*, 1967; Maunder, 1970, 1986; Taylor, 1972; Houghton, 1985; WMO, 1993; Harris, 1995; Cartwright y Sprinkle, 1995; Munn y otros; 1996; Katz y Murphy, 1997; Burroughs, 1997; Stern y Easterling, 1999; McBean, 2000) y es reconocido y entendido, en grados variables, por la mayoría de los miembros de la comunidad, tanto en los países en vías de desarrollo como en el mundo industrializado. El papel especial desempeñado por los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) de los 185 Estados y Territorios Miembros de la OMM, y sus relaciones con

¹ Oficina Meteorológica de la Commonwealth, Melbourne, Australia

² Departamento de Economía de la Universidad de Melbourne, Melbourne, Australia