



Tiempo Clima Agua

en la era de la información



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL

Tiempo Clima Agua

en la era de la información

OMM-Nº 970
Ginebra, Suiza
2004



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL

OMM-N° 970

© 2004, Organización Meteorológica Mundial

ISBN 92-63-30970-1

NOTA

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
PRÓLOGO	5
INTRODUCCIÓN	7
LA ERA DE LA INFORMACIÓN—ALGUNOS INSTRUMENTOS	8
Vigilancia integrada y exhaustiva	8
Mejores predicciones—computadoras más poderosas	8
Comunicaciones más eficaces	10
Proyectando nuestro clima futuro	11
Difusión pública de la información sobre el tiempo	11
DESASTRES NATURALES	13
Tormentas, inundaciones y sequías	13
Variabilidad del clima—predicción estacional	15
Tendencias referentes a sucesos climáticos e hidrológicos extremos	17
Tendencias futuras	18
CUESTIONES RELATIVAS A LA GESTIÓN DEL AGUA	19
Tecnología para la gestión de los recursos hídricos	19
Disminución de los recursos hídricos	20
Modelización hidrológica	21
Gestión integrada de los recursos hídricos	22
Fuentes de suministro de agua potable	22
Planificar para el futuro	23
Adaptarse a los cambios de las condiciones del agua	24
HIGIENE AMBIENTAL Y SALUD HUMANA	25
Transporte de contaminantes a grandes distancias	25
Repercusiones de los desastres naturales	26
Enfermedades de transmisión vectorial y por las aguas	26
Ozono	27
Medidas de adaptación	29

	<i>Página</i>
OCÉANOS, TIEMPO Y CLIMA	30
Océanos y variabilidad del clima	30
Océanos y cambio climático	30
Hielos marinos	31
Elevación del nivel del mar	31
Cuestiones operativas	32
LA CONEXIÓN ENERGÉTICA	34
CONCLUSIONES	36

PRÓLOGO

El Día Meteorológico Mundial conmemora la entrada en vigor el 23 de marzo de 1950 del Convenio constitutivo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), organismo que sucedió a la Organización Meteorológica Internacional (OMI), cuyo origen remonta a 1873. En el 2004 se cumplen por lo tanto 131 años del inicio de la cooperación internacional organizada en los campos de la meteorología, la hidrología y las ciencias geofísicas conexas. En este año se celebra también el vigésimo quinto aniversario del Experimento Meteorológico Mundial, otro momento culminante de la cooperación científica internacional, que dio lugar a grandes avances en cuanto a la vigilancia y el estudio científico de los procesos dinámicos y físicos de la atmósfera y de su interacción con otros sistemas terrestres.

Este año marca también el jubileo de plata de la primera Conferencia Mundial sobre el Clima que condujo al establecimiento del Programa Mundial sobre el Clima (PMC), piedra angular de nuestros conocimientos e iniciativas en materia de clima, cambio climático y cuestiones ambientales conexas.

Esas importantes iniciativas y los beneficios que de ellas se derivan han sido posibles gracias a nuevos instrumentos tecnológicos cada día más perfeccionados que contribuyen al desarrollo de la meteorología, la hidrología y las ciencias geofísicas afines y a la difusión de sus útiles programas. Al respecto cabe destacar las estaciones meteorológicas automatizadas y los radares Doppler, los instrumentos de teledetección de los satélites meteorológicos y de investi-

gación y desarrollo, los rápidos sistemas de telecomunicaciones, la disponibilidad de supercomputadoras y la aparición de poderosas computadoras personales a un precio asequible. Un importante beneficio de la “era de la información” es el derivado de los medios de difusión y de la utilización de Internet, que representan una considerable contribución para aumentar la accesibilidad y la concienciación acerca de esa valiosa información sobre el tiempo y el clima. Como reconocimiento de esas contribuciones a los diversos sectores socioeconómicos y al bienestar de la población, el tema seleccionado para el Día Meteorológico Mundial de 2004 ha sido “El tiempo, el agua y el clima en la era de la información”.

A lo largo de los años, la OMM y los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de sus Miembros han venido aplicando los avances tecnológicos para satisfacer las crecientes demandas de información y servicios que guardan relación con el tiempo, el clima y el agua. Entre los más destacados logros cabe mencionar en primer lugar la mayor exactitud de los pronósticos del tiempo y las alertas, que resultan esenciales para la protección de vidas y bienes. Destaca también la elaboración de datos y productos de vital importancia para gran número de actividades socioeconómicas como la agricultura, la silvicultura, la gestión de las aguas, el transporte, el turismo y la protección de ecosistemas y del medio ambiente. Esa información es también esencial para la formulación de políticas sobre cuestiones como el cambio climático, la

desertificación, el agotamiento de la capa de ozono y la diversidad biológica. En vista de la inquietud que existe acerca de la degradación del medio ambiente y de la necesidad cada día mayor de lograr desarrollo sostenible, la OMM debe hacer frente al desafío que supone el fomento de nuevas investigaciones y la creación de capacidad empleando la más moderna tecnología de manera que todas las naciones, incluidos los países en desarrollo, puedan satisfacer sus necesidades en lo referente al tiempo, el clima y el agua.

Quisiera expresar mi agradecimiento al Sr. J.P. Bruce (Canadá), que preparó el manuscrito de este folleto. Confío en que esta publicación ayudará al lector a reconocer los estrechos vínculos que existen entre el aire, el agua (incluidos los océanos), las tierras y los ecosistemas,

así como la vital función que cumple la tecnología para mejorar nuestra comprensión de esos sistemas de nuestro planeta y contribuir a mejorar la predicción de las condiciones futuras. La modernización de los SMHN, con la coordinación de la OMM y de sus programas científicos y técnicos, es esencial para que la humanidad pueda alcanzar grandes beneficios económicos, sociales y ambientales mediante el uso apropiado de esa información y productos, fruto de la cooperación internacional, tanto ahora como en el futuro.

(M. Jarraud)
Secretario General

INTRODUCCIÓN

La Tierra es frecuentemente llamada el “planeta agua”. De todas las formas de vida que han existido en la Tierra, el ser humano es el que ha utilizado en mayor medida los recursos naturales del planeta. Esos recursos le han permitido desarrollar y utilizar nuevas tecnologías, reproducirse en gran número, aumentar su riqueza, dominar otras formas de vida, mejorar su salud y prolongar su longevidad, aunque debe reconocerse que no existe una distribución equitativa de esos beneficios.

El desarrollo sostenible —un concepto introducido por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en su estudio “Nuestro futuro común”— se refiere al desarrollo que permita satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Ello supone un profundo conocimiento del funcionamiento de los principales componentes del medio ambiente del planeta y una comprensión de la interacción de esos componentes principales: la atmósfera, el agua, la tierra y la vegetación. Entre otras ciencias, la meteorología, la hidrología y la oceanografía aportan una contribución crucial para lograr un desarrollo sostenible y cumplen una función esencial, sobre todo en cuanto a la evaluación de

la sostenibilidad, o la insostenibilidad, de muchas actividades humanas.

A lo largo de los años, la vigilancia y predicción del comportamiento de los sistemas atmosférico e hidrológico han variado con la constante evolución de nuevas tecnologías, como las siguientes:

- nuevos métodos de medición de los componentes del tiempo, el clima y el agua;
- instalaciones y técnicas más rápidas y perfeccionadas para el análisis y la utilización de los datos; y
- medios avanzados de comunicaciones tanto en el seno de la comunidad científica como con los usuarios.

En este folleto se describe la manera en que el desarrollo de la meteorología, la hidrología y las ciencias geofísicas conexas se ha beneficiado de los avances tecnológicos en materia de vigilancia, proceso e intercambio de datos y mayor acceso a los productos. Así se aborda la contribución de esas ciencias para alcanzar el desarrollo sostenible y los objetivos de desarrollo de la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas. Se presta especial atención a la mitigación de desastres, la agricultura, los recursos hídricos, la sequía, el control de la contaminación, la salud y la energía.

LA ERA DE LA INFORMACIÓN—ALGUNOS INSTRUMENTOS

Vigilancia integrada y exhaustiva

La comprensión de los procesos que determinan el tiempo y el clima, así como la distribución de aguas y hielos, la capacidad de predecir esos procesos y la evaluación de los cambios que afectan al planeta, ha sido posible sólo gracias a los avances tecnológicos, cada día más acelerados en esta era de la información. Los satélites artificiales que circundan la Tierra permiten el seguimiento de fenómenos meteorológicos, vegetación y distribución espacial de hielos y nieve. En decenios recientes, las observaciones de satélites y estaciones terrenas con espectroscopios, radares y lidares, así como instrumentos de medición en las bandas del infrarrojo y de las microondas, han abierto nuevas perspectivas en amplias escalas geográficas no sólo de ciclones, inundaciones y cubierta vegetal, sino también del vapor de agua en la atmósfera, nubes y temperaturas del aire y de la superficie del mar. Estas actividades forman parte de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) de la OMM. Los instrumentos han aportado información sobre algunos de los principales contaminantes y constituyentes de la atmósfera. Así, las mediciones espaciales se combinan con la vigilancia de la química atmosférica en superficie, a través de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM.

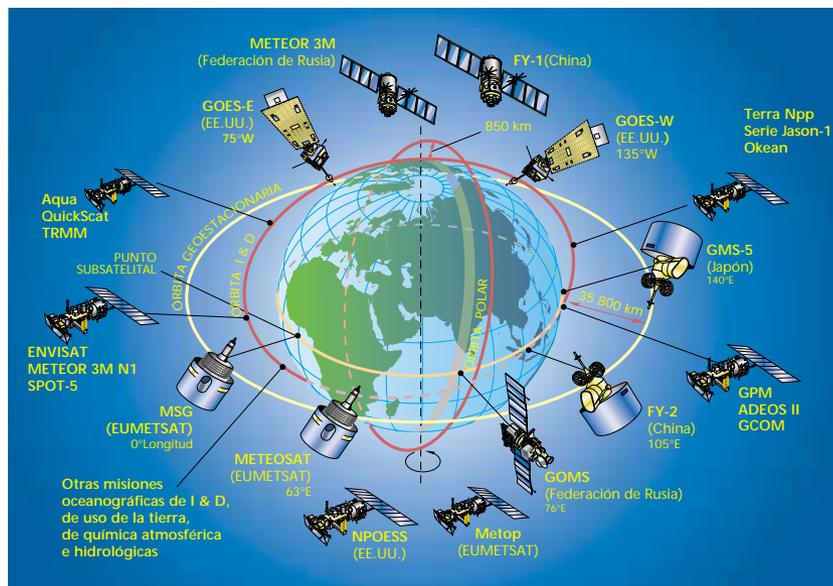
Entre otras cosas, los instrumentos han revelado un aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, agotamiento de la capa de ozono, variaciones en las temperaturas de los océanos, cambios en el nivel del mar y el transporte por el aire a largas distancias de muchos contaminantes tóxicos. Algunos instrumentos permiten la vigilancia de las partículas

en las nubes y la evaluación de la intensificación de las precipitaciones.

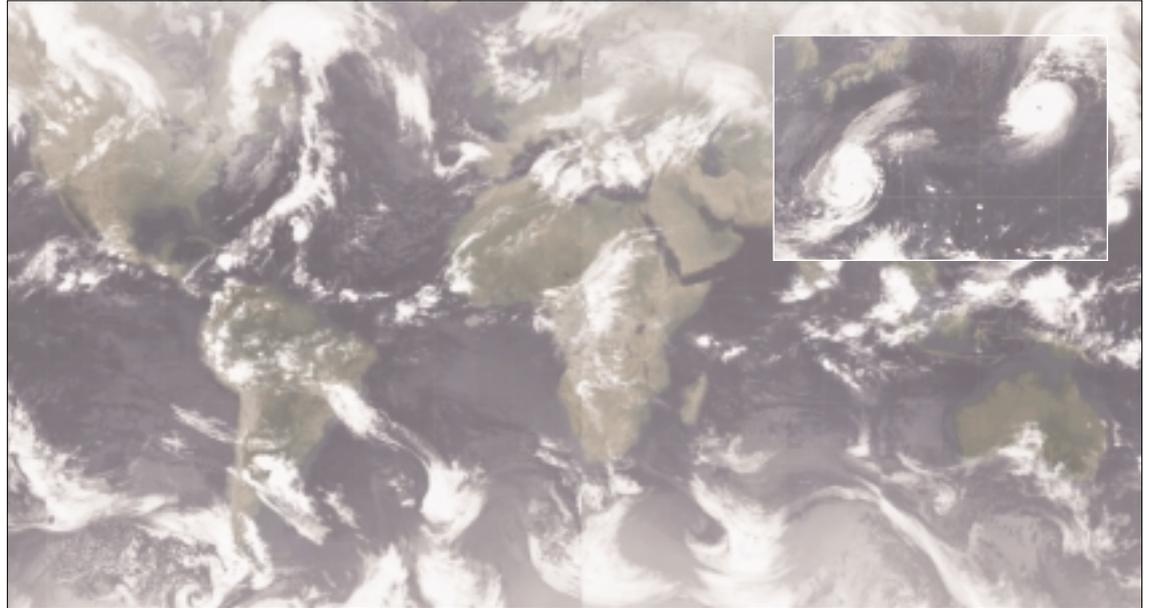
Mejores predicciones — computadoras más poderosas

La tecnología informática ha avanzado con rapidez permitiendo una mejor asimilación de todos esos nuevos tipos de datos, así como mediciones más tradicionales tomadas en puntos y momentos determinados. Ello, a su vez, ha permitido la inicialización y verificación de modelos matemáticos más complejos del sistema atmósfera-océano para las predicciones operativas de rutina y las alertas de condiciones meteorológicas desastrosas.

*Componente espacial
del Sistema Mundial de
Observación de la
Vigilancia
Meteorológica Mundial*



Perfeccionamiento de los pronósticos de fenómenos meteorológicos de gran intensidad y de los peligros que llevan aparejados: mosaico mundial de la nubosidad a partir de imágenes satelitales (SRC Planeta, ROSHYDROMET)



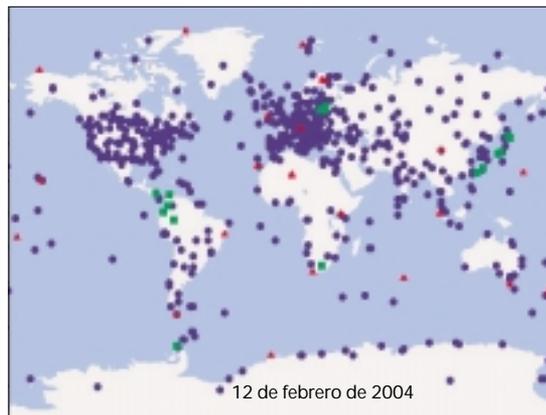
Para producir predicciones y alertas fiables de tiempo y de inundaciones, a fin de reducir las pérdidas ocasionadas por los desastres naturales, los SMHN utilizan e intercambian resultados compilados con modernos sistemas y tecnología de información. La Predicción Numérica del

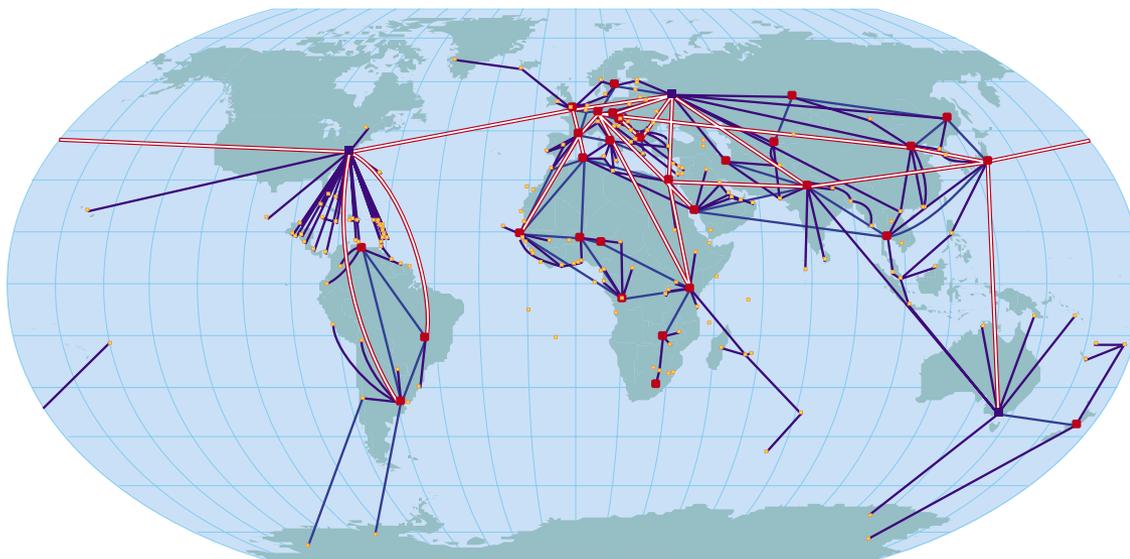
Tiempo (PNT) es una sólida base para que los predictores puedan preparar con regularidad pronósticos y alertas, utilizando, por ejemplo, imágenes satelitales para la detección y el seguimiento de la trayectoria de los ciclones tropicales, y modelos computadorizados del sistema atmósfera-océano que sirvan para predecir su intensificación y trayectorias.

Este moderno sistema de observaciones, informática y comunicación no sólo permite brindar alertas de fenómenos meteorológicos extremos, sino que es la base de las predicciones meteorológicas cotidianas en todos los países. El desarrollo de técnicas de PNT en los últimos tres decenios ha llevado a una mayor precisión de los pronósticos. Gracias a esos avances, las predicciones preparadas actualmente con siete días de antelación tienen, en la mayoría de las regiones, un grado de fiabilidad igual al de las predicciones para tres días que se emitían hace treinta años. Esas predicciones son esenciales para la seguridad y eficiencia de

Red de estaciones mundiales, regionales y participantes de la VAG de la OMM para la vigilancia de la composición de la atmósfera en todo el mundo

- Estación regional VAG
- Estación participante
- ▲ Estación mundial VAG





■ Centro Meteorológico Mundial (CMM)
 ■ Centro Regional de Telecomunicación (CRT)
 ■ Centro Meteorológico Regional Especializado (CMRE) y Centro Meteorológico Nacional (CMN)

— Red Principal de Telecomunicaciones
 — Red Regional de Telecomunicaciones

*Sistema Mundial de
Telecomunicaciones de
la Vigilancia
Meteorológica Mundial
de la OMM*

la aviación, el transporte marino y los planes de agricultores, comerciantes, empresas de servicios públicos y para el público en general.

Comunicaciones más eficaces

Desde hace cierto tiempo se viene utilizando para el intercambio de información entre países moderna tecnología de comunicaciones como el Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la OMM y la Internet. Ello permite preparar predicciones muy precisas, y dar a conocer con gran rapidez predicciones y alertas. La disponibilidad de pronósticos y alertas con mayor antelación permite a la población tomar medidas para prepararse a hacer frente a los embates de esos fenómenos, con la consiguiente reducción del número de víctimas y de daños a la propiedad.

En el caso de tornados y tormentas de gran intensidad en pequeña escala, es posible preparar alertas específicas solamente con unas cuantas horas, o incluso con pocos minutos, de antelación. Durante ese crucial período, la elaboración de las alertas requiere contar con radares Doppler y predictores con gran experiencia, sin olvidar las telecomunicaciones, la radio y la televisión para dar a conocer esas alertas.

La OMM fomenta no sólo el intercambio internacional gratuito y sin restricciones de datos y análisis con el fin de facilitar la preparación de predicciones fiables del tiempo, el clima y los fenómenos hidrológicos; la Organización garantiza también el intercambio de directrices sobre la manera óptima en que se pueden adaptar los pronósticos a fin de satisfacer las necesidades especiales del público en general y de cada categoría de usuarios.

Proyectando nuestro clima futuro

Por otra parte, la planificación a largo plazo requiere mejores proyecciones del clima futuro, basadas en complejos modelos matemáticos del sistema terrestre. Los modelos de circulación general del acoplamiento atmósfera-océano, que requieren el empleo de computadoras sumamente rápidas y de conjuntos de procesadores funcionando en paralelo para poder hacer cálculos en un plazo de tiempo razonable, ya permiten reproducir con un considerable grado de fidelidad el clima de épocas pasadas en todo el mundo, y también preparar pronósticos de las condiciones futuras. Esas predicciones requieren proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero, las que estarán determinadas por la población y la tasa de crecimiento demográfico futuras, las tecnologías energéticas más utilizadas, y también por el éxito que logren los países para alcanzar la meta planteada en la CMCC. Con todo, la medida en que los países puedan alcan-

zar esos ideales dependerá de la disponibilidad y la accesibilidad de la tecnología de la información.

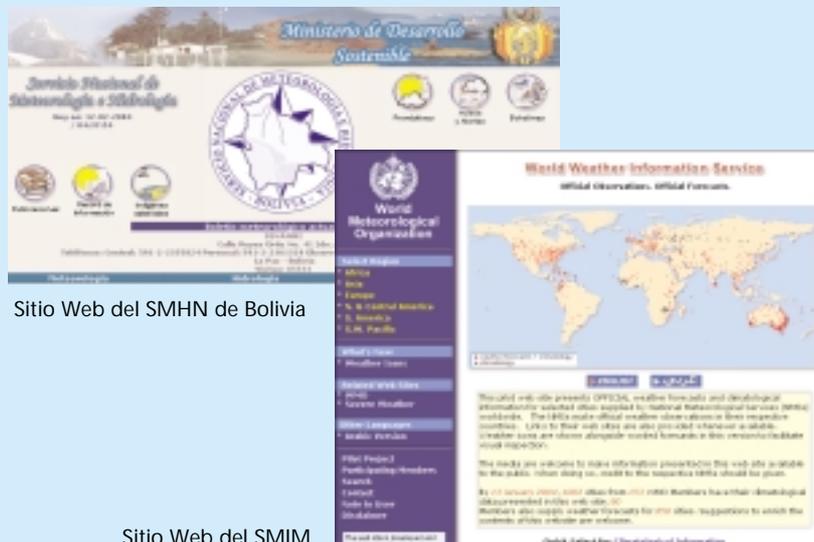
Difusión pública de la información sobre el tiempo

La era de la información no sólo ha llevado al perfeccionamiento de la información meteorológica, sino que ha revolucionado también el acceso a esa información por el público en general. En muchos países se han creado canales de televisión que transmiten información meteorológica y pronósticos del tiempo. La televisión, tanto la nacional como la internacional, presenta predicciones del tiempo con las más recientes imágenes de satélites y radares, mapas del tiempo y atractivos gráficos a todo color de la evolución de las temperaturas, las precipitaciones y los fenómenos violentos. La prensa nacional e internacional presta también cada día más importancia a los pronósticos del

*La importancia de las alertas de avalanchas es cada día mayor por la popularidad creciente de los deportes de invierno. Son muchos los muertos y aún más los heridos en los accidentes de montaña cada año
(David McGuirk)*



Muchos SMHN tienen ahora sitios Web para difundir información actualizada sobre el tiempo, el clima y el agua. Los enlaces aparecen en el sitio Web de la OMM (www.wmo.int), en la categoría "Miembros". La OMM ha iniciado un proyecto destinado a recoger información sobre el tiempo en todo el mundo para un grupo selecto de ciudades en un sitio centralizado, que ha llevado al establecimiento del Servicio Mundial de Información Meteorológica (www.worldweather.org), que en enero de 2004 recibía ya información de 1002 ciudades en 153 países Miembro de la OMM, así como a la creación del Centro de Información sobre Tiempo Violento (www.severe.worldweather.org). Estos últimos dos sitios Web están albergados por el Observatorio de Hong Kong.



Sitio Web del SMHN de Bolivia

Sitio Web del SMIM

tiempo. En la mayoría de los países, los pronósticos del tiempo se cuentan entre los programas televisivos más populares. La aparición de Internet, el correo electrónico, las tecnologías móviles, el servicio de mensajes breves (SMS) y tecnologías como los mensajes instantáneos, la fidelidad inalámbrica (Wi-Fi), sin olvidar las conexiones de gran velocidad en los hogares y lugares de trabajo continuarán transformando el acceso y la comprensión del público a la información meteorológica.

Debido a esos avances, crece la demanda de pronósticos cada día más exactos y con mayor tiempo de antelación. El público, las autoridades y el sector privado alientan a los SMHN no sólo a que aumenten la exactitud de sus pronósticos y

alertas, sino también a que se mejore su presentación y accesibilidad. Todo ello lleva aparejado tanto desafíos como oportunidades para las comunidades meteorológica e hidrológica.

Para hacer frente a esos desafíos, la OMM ha creado el Programa de Servicios Meteorológicos para el Público que brinda ayuda a los SMHN para que estos puedan brindar servicios meteorológicos y afines más fiables y eficaces que redunden en menor número de víctimas y protección contra daños materiales, en aras del bienestar general. La OMM ha adoptado también una Estrategia Global de Comunicaciones destinada a dar a conocer al público en general las contribuciones de la meteorología y la hidrología al desarrollo sostenible.

DESASTRES NATURALES

Tormentas, inundaciones y sequías

El valor de las ciencias predictivas lo ilustran las alertas tempranas, que contribuyen a minimizar el número de víctimas y pérdidas atribuibles a desastres naturales y así reducen las graves amenazas al desarrollo sostenible. En los años cincuenta, las pérdidas atribuibles a desastres naturales, incluidos desastres hidrometeorológicos, temblores de tierra y erupciones volcánicas, se cifraban en unos 4.000 millones de dólares EE.UU., cifra que en los noventa había aumentado a los 40.000 millones. Más del 80% de esas pérdidas resultan de desastres causados por fenómenos atmosféricos, climáticos o hidrológicos como tormentas, inundaciones y sequías. Por ejemplo, en los

años noventa hubo que lamentar más de 280.000 muertes atribuibles a sequías. En los países en desarrollo, esas pérdidas anulan los beneficios económicos logrados durante todo un decenio. Eso fue lo que ocurrió al paso del huracán *Mitch*, que azotó Honduras y Nicaragua en 1998, causando 12.000 víctimas. Es por ello que la predicción acertada de un fenómeno meteorológico extremo, inundación, o sequía estacional pueden permitir salvar muchas vidas y reducir considerablemente las pérdidas económicas. Por ejemplo, en Bangladesh, donde se ha trabajado arduamente para mejorar los pronósticos, difundir las alertas de ciclones tropicales y adoptar medidas de preparación, el número de víctimas ha disminuido considerablemente: se calcula que en 1971 hubo 300.000

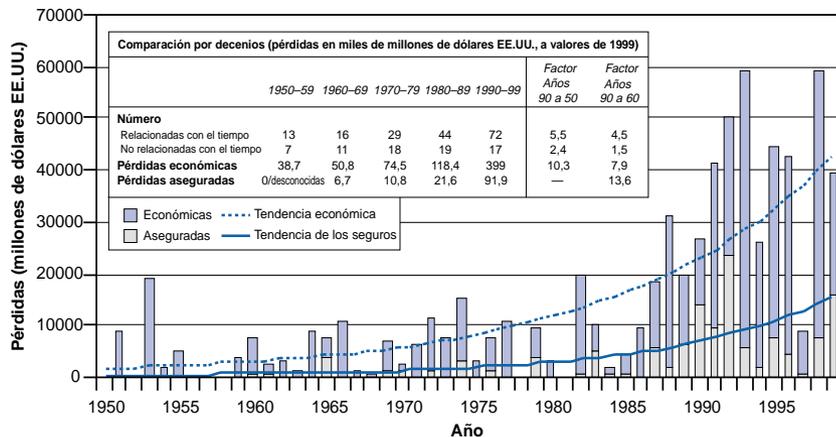
Las inundaciones continúan siendo uno de los peores desastres naturales. Las alertas tempranas distribuidas por los medios de difusión ayudan a las comunidades a tomar medidas de precaución para salvar vidas y proteger al ganado, los depósitos de alimentos y de agua potable (CCS-Nairobi)



víctimas, en 1991 el número se redujo a 13.000, y en 1994 hubo que lamentar sólo 2.000.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), de concierto con los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de sus 187 Miembros, ha establecido un sistema mundial de alertas. Ello supone la observación de la atmósfera, las aguas y la superficie de las tierras desde tierra y con satélites, y el rápido intercambio internacional de datos y predicciones mediante redes de telecomunicaciones y centros de proceso de datos. Cada país deberá establecer y reforzar las medidas de preparación para sacar el máximo partido de esas alertas.

La red mundial de predicción, alerta y difusión de la OMM depende de la cooperación internacional para seguir el curso de los ciclones tropicales y los sistemas meteorológicos causantes de sequías e inundaciones, como los episodios de los fenómenos El Niño o La Niña y las intensas tormentas extratropicales. En el caso de los fenómenos violentos en pequeña escala como fuertes lluvias, crecidas repentinas, tempestades, tornados y tormentas de nieve y de hielo en menor

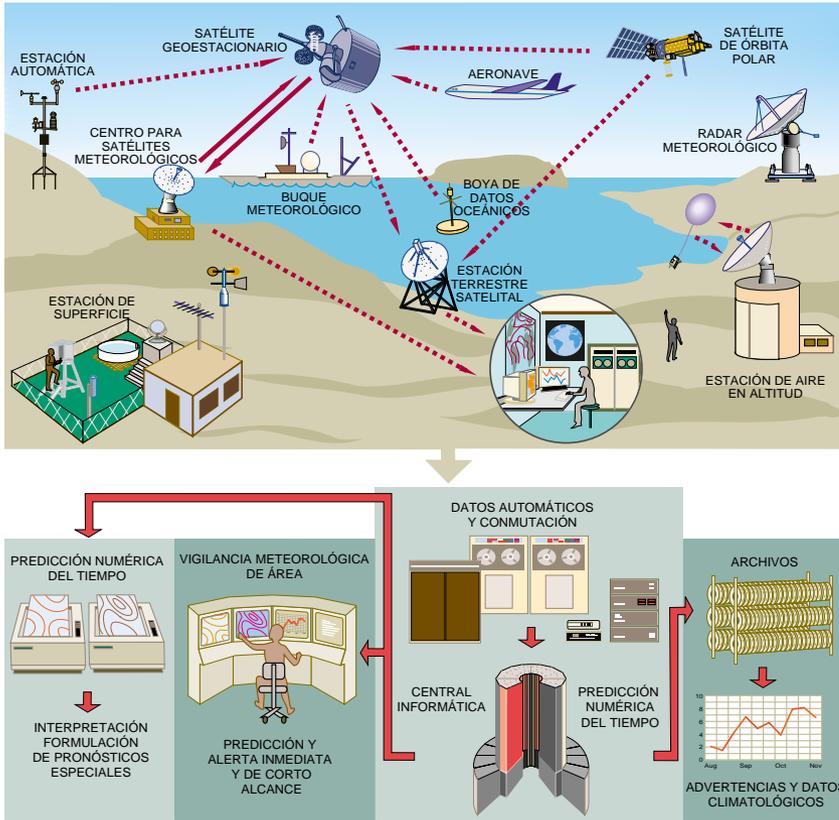


escala los países deben continuar desarrollando sus capacidades. La OMM ha iniciado investigaciones acerca de esos fenómenos en el marco de su Programa Mundial de Investigación Meteorológica. Por lo que respecta a las crecidas de los principales ríos, es necesaria la colaboración internacional para preparar predicciones y alertas adecuadas, especialmente para las principales cuencas compartidas por dos o más países.

Tendencias de las pérdidas debidas a los desastres (IPCC 2001, Informe del GdT 2)



Las tempestades pueden devastar bosques enteros con graves repercusiones ambientales y socioeconómicas. De acuerdo a los pronósticos, la elevación de la temperatura del planeta aumentará la frecuencia de las tempestades de gran intensidad



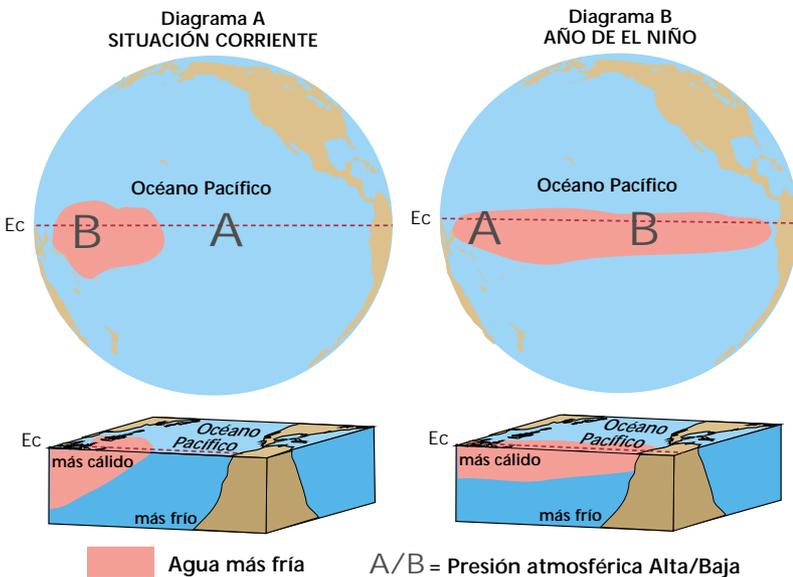
La Vigilancia Meteorológica Mundial y las operaciones de un Servicio Meteorológico Nacional

Variabilidad del clima - predicción estacional

El sistema climático siempre ha estado sujeto a variaciones naturales, las que continuarán produciendo fenómenos de gran intensidad que dan origen a desastres. Entre los más importantes fenómenos naturales que inciden en la variabilidad del clima se cuentan El Niño/Oscilación Austral (ENOA), el Índice de Oscilación Decenal del Pacífico y la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación del Ártico, que guardan estrecha relación. El ENOA es el que está relacionado más

estrechamente con condiciones meteorológicas desastrosas, inundaciones y sequías. El ENOA es una oscilación de la temperatura de las aguas del Océano Pacífico, que va unida a la circulación atmosférica en los trópicos, lo que se traduce en la elevación periódica anómala de las aguas de la superficie frente a la costa occidental ecuatorial de América del Sur (Ecuador y Perú) al mismo tiempo que se observan temperaturas anormalmente frías de las aguas superficiales en el Pacífico sudoccidental. Ello se conoce como la fase El Niño. Durante la fase La Niña ocurre lo opuesto, registrándose temperaturas excesivamente cálidas de las aguas superficiales en la zona ecuatorial del Pacífico occidental y descenso de la temperatura de las aguas frente a la costa de América del Sur. Las condiciones meteorológicas extremas generalmente asociadas con esas dos fases del ENOA incluyen inundaciones en zonas cercanas a las aguas más cálidas y sequía en las demás regiones tropicales y subtropicales. Se estima que el episodio 1997-1998 de El Niño afectó a unos 110 millones de personas en todo el mundo y causó daños por valor de 96.000 millones de dólares EE.UU.

Una red de plataformas de observación en todo el Pacífico tropical transmite datos por satélite que, junto a los programas tradicionales de observación y teledetección por satélite, permite elaborar predicciones con un año de antelación de un episodio de El Niño o La Niña de gran intensidad. Esto permite, a su vez, a los países dar pasos tendientes a minimizar los efectos de las inundaciones o las sequías como, por ej., la emisión de pronósticos y alertas que ayudan a las autoridades sanitarias a tomar medidas preventivas adecuadas. La OMM ha brindado ayuda para el establecimiento del Centro Internacional de Investigación sobre el Fenómeno El Niño (CIIFEN) en Guayaquil (Ecuador), destinado a coordinar las predicciones del ENOA y el estudio de sus efectos en todo el mundo, lo que viene a complementar las actividades de otros centros encargados de las predicciones de este fenómeno a



El Niño y la Oscilación Austral

Más de los dos tercios del volumen de agua extraído de los ríos, lagos y acuíferos del planeta se destina a tareas de riego (M. Marzot/FAO)

escala mundial. El proyecto Servicios de Información y Predicción del Clima (SIPC) de la OMM brinda asistencia a los países para que puedan sacar máximo partido de la información sobre el clima y las predicciones climáticas por lo que respecta a la mitigación de desastres, agricultura, pesca, gestión de aguas y energía, y otros sectores de la economía.

La predicción con suficiente antelación de los efectos de la sequía ha permitido a algunos países tomar medidas para estar preparados, especialmente en cuanto a la agricultura y los recursos hídricos. Por lo que respecta a la agricultura, la emisión de alertas con suficiente antelación permite plantar cultivos tolerantes a las sequías, y ajustar el calendario de plantación y cosecha para sacar el máximo beneficio de las condiciones favorables. Por ejemplo, los embalses y pequeños estanques de almacenamiento pueden llenarse con antelación, utilizándose cuidadosamente el agua así conservada para satisfacer las diferentes necesidades.



Tendencias referentes a fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos

El diseño de edificaciones, instalaciones de desagüe, puentes, carreteras, pistas de aeropuertos, medidas de control de la erosión, canales, presas y embalses y la preparación de índices de vulnerabilidad está basado en análisis estadísticos de los datos climáticos del pasado y del caudal de los ríos y la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos, el régimen de las lluvias, la fuerza de los vientos y los valores máximos y mínimos del caudal. Los datos indirectos y las mediciones confirman la creciente concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que se pone de manifiesto en la elevación de las temperaturas y los cambios en los regímenes de las precipitaciones y la elevación del nivel del mar. La elevación de la temperatura se hace

El Huracán Mitch causó muchos miles de víctimas y unos dos millones de damnificados en América Central. El desarrollo socioeconómico experimentó un retroceso de por lo menos diez años (Victor R. Caivano/AP)



sentir más en el Ártico donde las mediciones de los satélites demuestran que desde 1973 la extensión de los hielos marinos ha disminuido a razón de 2,5% cada diez años, junto con un aumento decenal de las temperaturas estivales de un 1,2°C. Se registra mayor variabilidad respecto a los hielos de la Antártida; sin embargo, en todo el mundo se observa que los glaciares van reduciéndose, con repercusiones considerables en el caudal de los ríos. La rápida fusión de los glaciares, cuyo total se estima en unos 100 km³/año lleva a un aumento del caudal de los ríos en la etapa inicial. A medida que disminuye la superficie de los glaciares también disminuye la escorrentía de esa fuente, disminución que ya se puede apreciar en la mayoría de los ríos que nacen en las laderas orientales de las Montañas Rocosas de América del Norte.

Cada día hay más pruebas de variaciones en la ocurrencia de los sucesos extremos. En particular, un aumento del número de días con temperaturas muy elevadas puede tener efectos devastadores, como ocurrió en América del Norte en 1988 donde una ola de calor causó centenares de víctimas, y más recientemente en Europa occidental donde hubo que lamentar miles de defunciones en el verano de 2003. Las regiones subtropicales y tropicales se ven también afectadas por temperaturas más extremas, como las registradas en Agades (Níger) donde las temperaturas nocturnas han sido sumamente elevadas desde el decenio de 1950. Lo mismo ocurre en el Caribe, donde los datos de treinta estaciones de observación indican una tendencia cada día más acusada de temperaturas máximas extremas. Por lo que respecta a la salud, la elevación anormal de las temperaturas nocturnas puede tener efectos incluso más graves que los provocados por las temperaturas diurnas excesivamente cálidas, habiéndose observado que las temperaturas mínimas diarias han venido aumentando más rápidamente que las temperaturas máximas durante el día. Entre otros graves resultados de un

clima más cálido cabe destacar el estrés térmico. Como las temperaturas mínimas y máximas presentan extremos cada día más marcados, el menor enfriamiento nocturno proporciona menos alivio del calor agotador experimentado durante el día.

Los datos sobre episodios de intensas lluvias y tempestades en todo el Caribe revelan que la frecuencia de los episodios de precipitaciones de gran intensidad ha aumentado entre 1955 y 2000. Lo mismo ocurre en Canadá, partes de China, Estados Unidos, Japón y la Federación de Rusia. En el caso de Europa, se han registrado considerables variaciones en los extremos de las precipitaciones entre 1946 y 1999.

Las pérdidas económicas por fenómenos meteorológicos e hidrológicos han aumentado de 5,5 veces entre 1950 y 1990, mientras que los desastres de origen geofísico aumentaron tan sólo 2,4 veces. El número total de los desastres de origen hidrometeorológico registrados aumentó incluso más rápidamente en el decenio de 1990.

Tendencias futuras

Después de un minucioso análisis de los datos relativos a los recientes aumentos de los fenómenos extremos y de las proyecciones de los modelos climáticos de dichas tendencias, el IPCC ha llegado a la conclusión de que en el futuro podríamos asistir a episodios de precipitaciones más intensas en muchas áreas, lo que supondrá un aumento de crecidas repentinas, deslizamientos de tierra, erosión de suelos y avalanchas. Seguirá aumentando el número de días y noches cálidos, pero habrá menos noches muy frías. El IPCC ha llegado también a la conclusión de que existe entre 66 y 90% de probabilidades de que asistamos a un aumento de las condiciones secas durante el verano en la mayoría de las regiones interiores continentales de latitudes medias, con el consiguiente riesgo de sequía, y a un aumento de la intensidad (pero no de la frecuencia) de los



ciclones tropicales que causan mayores estragos. Parecen aumentar en todo el mundo los efectos de los daños de incendios sufridos principalmente por los bosques. La sequía en el Oeste de América del Norte en 2003 provocó incendios generalizados, y varios bosques fueron destruidos. El episodio de El Niño 1997-1998 provocó sequías en el sudeste asiático y enormes incendios forestales en Indonesia que dieron origen a contaminación por humo, que causó vastos problemas de salud y de navegación aérea. En condiciones secas, los incendios forestales resultan a menudo a descuidos de la población, pero en zonas más remotas más de la mitad de los incendios provienen de descargas eléctricas. Los modelos climáticos, proyectan un inicio más temprano de la estación anual de incendios en los bosques boreales de Rusia y Canadá, y mayor número de conflagraciones en áreas donde el peligro de incendios es elevado y extremo.

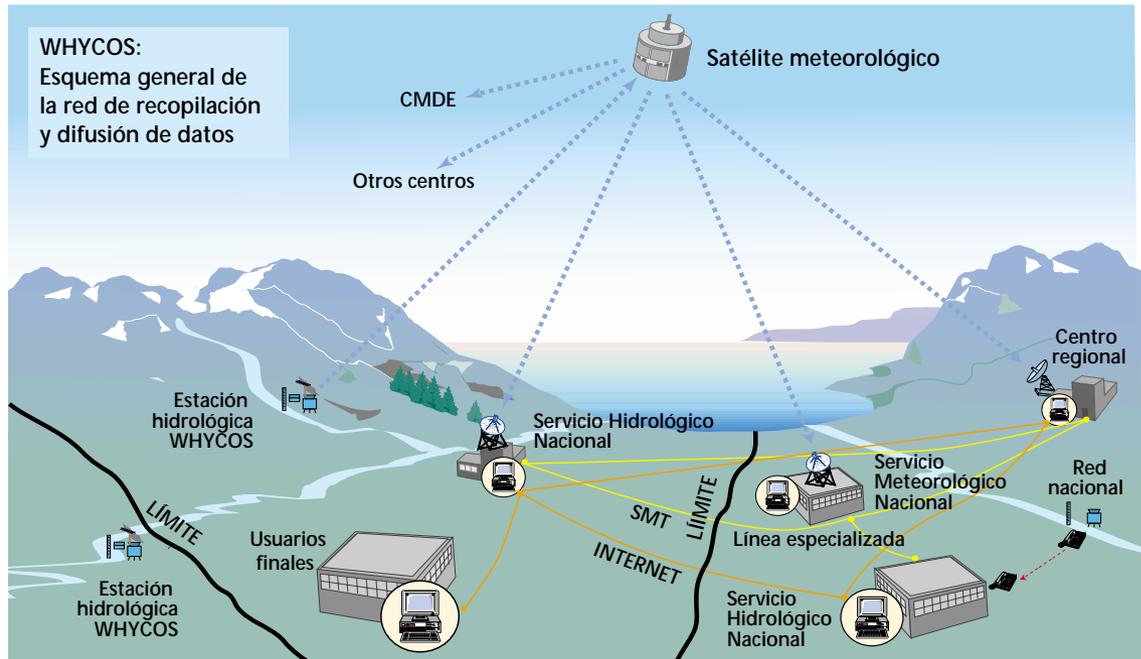
El humo producido por los incendios forestales representa un peligro para la salud de la población y la navegación aérea. Los Servicios Meteorológicos Nacionales mantienen informadas a las autoridades sanitarias y de la aviación civil, así como al público en general, acerca de la calidad del aire, la calima, los vientos dominantes y la visibilidad

CUESTIONES RELATIVAS A LA GESTIÓN DEL AGUA

Tecnología para la gestión de los recursos hídricos

El desarrollo tecnológico y científico, así como el compromiso político y social, pueden contribuir a encontrar solución a los problemas que plantean el suministro de agua dulce y la gestión de este recurso. Con vistas a cuantificar el volumen de agua disponible, se llevan a cabo mediciones de las precipitaciones, caudales, aguas freáticas y nivel de las aguas empleando tanto técnicas in situ como teledetección. Los datos se transmiten por diferentes medios, incluido los satélites, a las

oficinas centrales de los Servicios Hidrológicos Nacionales u organismos encargados de la gestión de las aguas. Ello se enmarca, en parte, en el Sistema de Observación del Ciclo Hidrológico Mundial de la OMM (WHYCOS) y sus componentes regionales. Para la medición del nivel de las aguas, los instrumentos tradicionales van siendo reemplazados por instrumentos con sensores infrarrojos y a base de rayos láser que permiten determinar la elevación de la superficie del agua, y por perfiladores acústicos del caudal que permiten medirlo directamente, aprovechando el efecto Doppler. Las mediciones del nivel del mar provenientes de satélites y

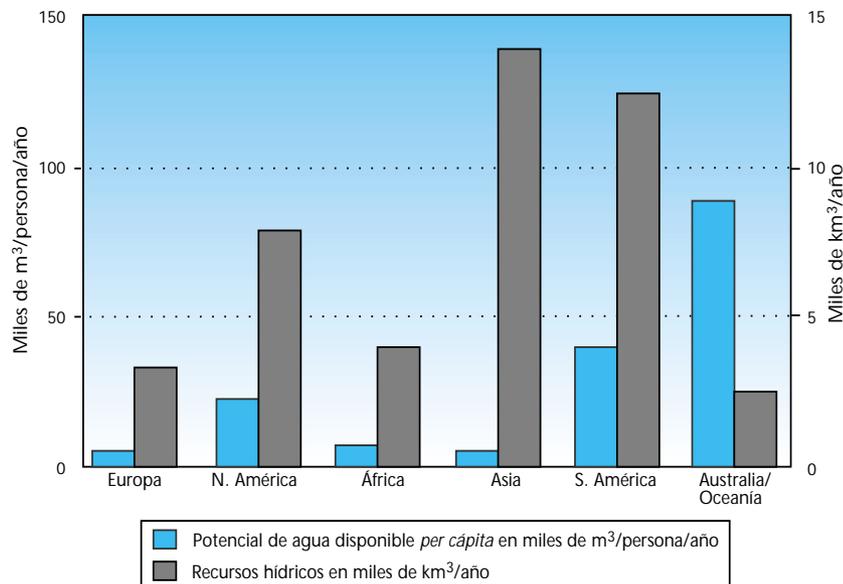


Sistema Mundial de Observación del Ciclo Hidrológico (WHYCOS)
Los sistemas de información integrados contribuyen a mejorar la gestión de las aguas

mareómetros son útiles para la vigilancia de la intrusión de sal en las aguas dulces costeras.

Algunas de las mediciones de productos químicos y biológicos comunes que indican la calidad del agua, pueden llevarse a cabo con instrumentos automatizados, o por grupos comunitarios que cuentan con formación limitada. Los análisis más complejos de los contaminantes tóxicos como, por ej., los contaminantes orgánicos persistentes, el mercurio metilado, el arsénico y otros metales, y los análisis de la presencia en el agua, los peces y otros organismos acuáticos, de drogas que podrían tener efectos nocivos para el sistema endocrino, exigen costosos y complejos equipos de laboratorio y analistas con mucha experiencia. Las observaciones telemétricas satelitales de lagos y embalses permiten determinar el nivel de clorofila en las capas superficiales.

Esas mediciones son útiles para abordar el problema de la disminución de los recursos hídricos, para la modelización hidrológica, la gestión



integrada de los recursos hídricos, y la garantía de los suministros de agua potable. La mayor parte de esta información que reviste interés para los usuarios y el público se pone a su alcance a través de los medios de difusión y por Internet.

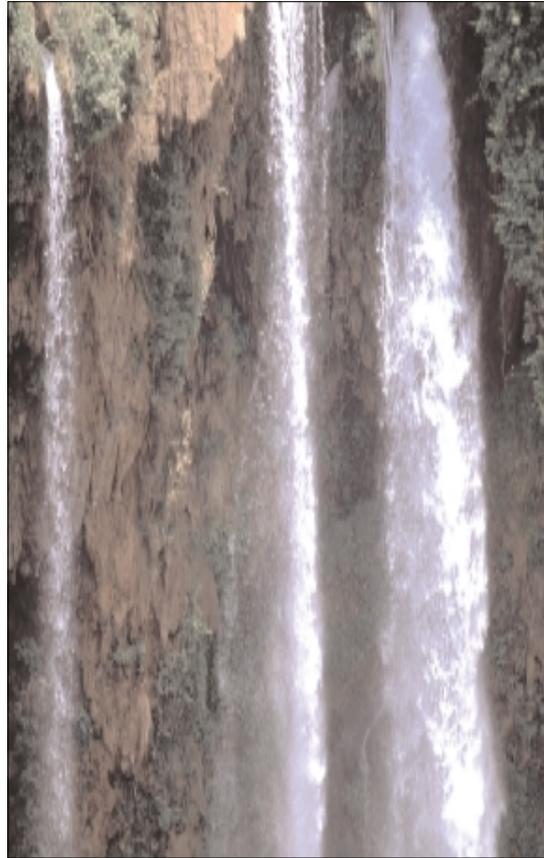
Extracción media de agua por continente

Disminución de los recursos hídricos

El agua potable es esencial para la supervivencia y el bienestar de la población. El volumen de agua disponible en la superficie de la Tierra, a diferencia de la almacenada en las capas subterráneas, está determinada por las condiciones climáticas de los meses y años anteriores. Bajo los efectos de la energía solar, el agua se evapora formando vapor de agua en la atmósfera, que se condensa formando nubes cuando se inducen movimientos verticales ascendentes. A su vez, las nubes pueden dar lugar a lluvia o nieve, lo que da inicio nuevamente al ciclo hidrológico.

Las estaciones hidrométricas transmiten datos vía satélite (Directorio noruego de recursos hídricos y energía)

Aunque se acostumbra decir que la Tierra es el planeta del agua, este preciado recurso no está distribuido de manera uniforme



La distribución de las precipitaciones es desigual y las pérdidas debidas a la evaporación de la superficie varían atendiendo a las condiciones climáticas. Como resultado de ello, algunas áreas del planeta sufren gran escasez de agua, mientras que en otras este recurso es abundante. El volumen de agua disponible per cápita es menor en África y Asia. Aunque en Europa esta cifra es también relativamente baja, el índice de crecimiento demográfico del viejo continente es también bajo.

De acuerdo a estimaciones actuales más de 1.000 millones de personas no tienen fácil

acceso a agua potable. La pobreza y la carencia de un suministro adecuado de agua guardan estrecha relación. El alivio de los efectos de la pobreza va acompañado del suministro de agua potable. En comparación con la situación de 1950, la disponibilidad actual de agua per cápita en África ha disminuido en un 75%, y en Asia y América del Sur en un 65%. Ateniéndonos solamente a las proyecciones del crecimiento demográfico de las Naciones Unidas, el número de habitantes en países donde escasea el agua se elevará a 2.400 millones en 2050. Esas estimaciones no toman en cuenta las pérdidas debidas al aumento de la contaminación, ni tampoco los cambios regionales en la distribución de las aguas causadas por el cambio climático.

Por otra parte, para el año 2025 será necesario contar con un volumen de agua 17% más elevado para poder producir las cosechas necesarias para alimentar a poblaciones mucho más numerosas. Al mismo tiempo, debe reconocerse que los cauces de los ríos y las masas de agua sirven de sustento a valiosos ecosistemas, algunos de los cuales permiten también satisfacer necesidades humanas. Es necesario preservar también los valores de esos ecosistemas, en vista de la creciente demanda de agua.

La competencia por el agua puede dar lugar también a graves conflictos. Para abordar este tipo de cuestiones transfronterizas se han establecido organizaciones de cuencas internacionales.

Modelización hidrológica

Los modelos del ciclo hidrológico forman parte de los modelos de predicción climática y de pronósticos meteorológicos, especialmente los modelos diseñados para la predicción cuantitativa de las precipitaciones. Esos modelos integrados atmosféricos - hidrológicos para la predicción del caudal, parecen ser muy

positivos para preparar alertas de inundaciones, estimar la reducción del caudal y planificar el uso de las aguas.

Gestión integrada de los recursos hídricos

Muchos países han adoptado sistemas integrados de gestión de las cuencas. Este enfoque — basado en modelos hidrológicos y de los ecosistemas, así como en datos económicos — reconoce que los fenómenos naturales y las acciones de los seres humanos en la cuenca o vertiente influyen en la cantidad y la calidad del agua aguas abajo.

En regiones en que escasea el agua, su conservación y uso eficiente es esencial para poder satisfacer todas las necesidades. El aumento de las temperaturas puede suponer un mayor estrés para los sistemas hidrológicos al

augmentar la demanda de agua consumida en actividades de irrigación y refrigeración. La irrigación es, sin lugar a dudas, la actividad que consume más agua; con todo, debido a la ineficiencia de algunas técnicas comúnmente empleadas, entre el 60% y el 70% del agua se evapora antes de llegar a las plantas. La irrigación por goteo permite reducir considerablemente esas pérdidas.

Fuentes de suministro de agua potable

Para garantizar el suministro de agua potable, cada día se hace más necesario el tratamiento de las aguas de fuentes superficiales y de capas subterráneas. En muchas partes del mundo, las aguas freáticas pueden ser una fuente de agua potable de gran calidad. En otros lugares existen problemas de contaminación muy graves. Por ejemplo, en algunos países, las fuentes naturales



Un 20% de la población mundial en 30 países padece falta de agua. En cualquier momento dado, la mitad de la población en países en desarrollo padece de enfermedades transmitidas por el agua (IFAD/Louis Dematteis)



La vigilancia de los ciclones tropicales y la cuestión de la elaboración de alertas para los medios de difusión y las poblaciones son vitales para la sostenibilidad del desarrollo socioeconómico en los países afectados (RSMC Tokyo-Centro de tifones)

de arsénico contaminan la mayoría de las aguas subterráneas que, por consiguiente, requieren tratamiento antes de poder ser utilizadas en los hogares. En las tierras agrícolas fertilizadas, es común encontrar concentraciones de nitratos en el agua subterránea debido al uso excesivo de fertilizantes en los campos. En asentamientos urbanos, los escapes de los tanques de almacenamiento subterráneos pueden causar la contaminación de las aguas freáticas con gasolina, petróleo y productos químicos. En zonas costeras, la intrusión de agua salada, debido especialmente a la elevación del nivel del mar, puede contaminar importantes fuentes freáticas de las que se abastecen las comunidades y convertir en agua salada secciones de agua dulce de los estuarios. Esto es un problema especial en los pequeños Estados insulares, que cuentan con limitados recursos de aguas subterráneas y costas muy extensas. En algunos casos, han sido necesarios costosos procedi-

mientos de desalinización para obtener fuentes de agua potable.

Planificar para el futuro

Se han llevado a cabo muchas investigaciones acerca de los efectos que el cambio climático pronosticado tendría sobre el agua disponible en diversas regiones. En las regiones septentrionales del hemisferio norte, es de esperar que aumente el caudal de la mayoría de los ríos. En la cuenca del Mediterráneo y el Sahel podrán darse condiciones más secas y reducción o desaparición del caudal. En regiones de por sí áridas y semiáridas, una ligera disminución en las precipitaciones y el aumento en la evaporación pueden dar por resultado una disminución más significativa de la escorrentía. Por otra parte, en las Grandes Llanuras de la América del Norte, la descarga máxima durante las inundaciones de primavera ha sido generalmente inferior en los últimos decenios debido a la mayor fusión de la cubierta de nieve durante inviernos más cálidos, lo que reduce el volumen de nieve restante al iniciarse el deshielo de primavera. En muchos casos el caudal máximo se ha ido elevando, a medida que aumentaba la intensidad de las precipitaciones. Esto es objeto de preocupación, en particular en países que se ven afectados por ciclones tropicales.

Los lagos son particularmente vulnerables, ya que pequeñas variaciones de la precipitación y la evaporación provocan cambios relativamente considerables del nivel y la calidad del agua. El agua de los lagos se ve afectada de muchas maneras por los cambios climáticos. Comienza a apreciarse mayor erosión del suelo, observándose nutrientes y productos tóxicos adheridos a las partículas de sedimento, debido a la mayor intensidad de las lluvias.

En los lagos de zonas templadas puede verse acortado el período en que están cubiertos por los hielos. Ello puede alterar el microclima de las zonas terrestres cercanas a las costas aumentando

el número de días libres de heladas y la intensidad de las turbonadas de nieve que obedecen al efecto de los lagos, producto de la irrupción de aire frío sobre aguas más cálidas.

En lagos que ya padecen de contaminación, la calidad del agua comienza a verse afectada por el calentamiento del agua. En efecto, las temperaturas más cálidas estimulan el crecimiento de fitoplancton cerca de la superficie, que más tarde se hunde y se descompone en el fondo del lago, agotando el oxígeno en las aguas profundas, con la consiguiente muerte de peces y daños a la flora y la fauna del fondo del lago.

Adaptarse a los cambios de las condiciones de las aguas

De acuerdo a los pronósticos, la temperatura del planeta aumentará entre 1,4 y 5,8°C en el transcurso de este siglo lo que, unido a las variaciones de los patrones de las precipitaciones, exigirá sin lugar a dudas la adaptación a cambios en las condiciones de las aguas. Se calcula que en el decenio de 1990, unos 1.500 millones de personas se vieron afectadas por inundaciones, que en muchos casos representaron un serio contratiempo para el progreso económico durante muchos años. En muchas regiones, es necesario contar con medidas destinadas a la reducción de los daños causados por las inundaciones, y disponer también de mejores técnicas de gestión de la sequía en los sistemas fluviales y lacustres.

Este enfoque incluye el establecimiento de sistemas fiables de predicción y alerta basados en la más moderna tecnología.



Por otra parte, en muchos países será necesaria una mayor protección contra la erosión debida a la mayor intensidad de las lluvias. La mayor atención a la reducción de la contaminación contribuirá a proteger las masas de agua y sus ecosistemas. Asimismo, la reducción de las pérdidas innecesarias de agua en tareas de riego y en los sistemas urbanos puede permitir ahorro de agua para usos más productivos. La necesidad, los costos y los beneficios de éstas y otras posibles medidas de adaptación pueden ser evaluadas más apropiadamente adoptando el método de gestión de los riesgos.

La cantidad y la calidad del agua de los lagos es particularmente vulnerable a variaciones de la precipitación y a la evaporación
(B. Pikhanov/WMO)

HIGIENE AMBIENTAL Y SALUD HUMANA

Transporte de contaminantes a grandes distancias

Los datos de las estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM y las mediciones de los vientos y la circulación atmosférica revelan que algunos contaminantes son transportados a grandes distancias a través de las fronteras. Quizás el aspecto mejor conocido de este fenómeno es lo que se conoce como “lluvia ácida”. Las emisiones de dióxido de azufre y de óxidos de nitrógeno son transportados a lo largo de grandes distancias. Esos productos químicos reaccionan con las gotitas de agua en las nubes y tienen como resultado depósitos de sulfatos y nitratos, con lo que se ve aumentada la acidez

de la lluvia y la nieve en puntos alejados del origen de los contaminantes. Se ha observado que ello lleva a la acidificación de los lagos y que provoca la degradación de suelos y bosques.

Varios acuerdos internacionales han llevado a reducciones significativas de las emisiones y los depósitos de sulfatos, pero lo mismo no ocurre con otras fuentes de emisiones. Por consiguiente, si bien la acidificación de los lagos en esas zonas afectadas no empeora, en términos generales no se han alcanzado las mejoras que cabría esperar.

Los metales tóxicos y los contaminantes orgánicos son una importante fuente de contaminación en el Mediterráneo, superior a la de los ríos en el caso de ciertos contaminantes. Las



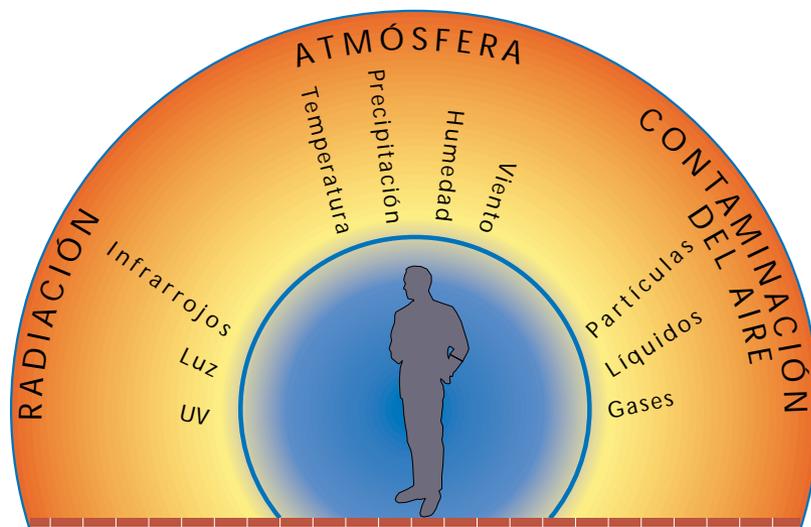
Tareas de limpieza de un derrame de petróleo. La información meteorológica representa una valiosa ayuda (Helge Sunde)

emisiones atmosféricas de mercurio provenientes de todos los continentes a menudo contaminan la cadena alimentaria. En la región del Ártico se detectan contaminantes persistentes transportados por la atmósfera, que tienden a concentrarse en las frías aguas, el aire y los ecosistemas de esa región y pasan a través de la biota a los alimentos consumidos por los seres humanos. En algunas islas del Ártico y Groenlandia se han detectado en la leche materna y en la sangre de las madres aborígenes contaminantes en concentraciones superiores a los niveles considerados inocuos. Las sustancias tóxicas persistentes presentes en la atmósfera tienen graves implicaciones para la salud.

Debido a los mecanismos de transporte atmosférico, las emisiones de sustancias nocivas no solo pueden tener efectos locales, sino también afectar directamente a poblaciones y ecosistemas en puntos muy distantes de las fuentes de contaminantes. La cooperación internacional en cuanto a la vigilancia y predicción del transporte de contaminantes es algo esencial para encontrar solución a este problema. En el contexto de las actividades de respuesta en caso de emergencia preconizadas por la OMM, sus Centros Meteorológicos Regionales Especializados brindan información sobre emergencias ambientales de origen antropógeno y de otros tipos.

Repercusiones de los desastres naturales

Si bien los efectos económicos de los fenómenos y condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas son considerables, a menudo pasan desapercibidos los efectos para la salud de la población. Entre los más obvios destacan los efectos asociados con los desastres naturales y los fenómenos meteorológicos de gran intensidad. Aunque se da a conocer el número de víctimas causadas por esos fenómenos, a



menudo se desconoce el número de personas cuya salud y bienestar se ven afectados. Por ejemplo, en los tres últimos decenios el número de personas que fallecieron en desastres de todo tipo se elevó a 4,7 millones, y el número de personas que se vieron afectadas negativamente fue de 2.100 millones. Toda gran inundación o tormenta tropical representa grandes riesgos para las viviendas y el suministro de agua potable, pudiendo ocurrir grandes brotes de enfermedades transmitidas por las aguas. La sequía lleva aparejada hambruna y, en algunas ocasiones, millones de niños y adultos sufren desnutrición o mueren víctimas de inanición.

Enfermedades de transmisión vectorial y por las aguas

En muchos casos, los episodios cálidos o las tendencias hacia temperaturas más elevadas de las aguas van acompañados de enfermedades transmitidas por las aguas. En los océanos ha aumentado la frecuencia, extensión y virulencia

Los sistemas de vigilancia del tiempo y el clima, que incluyen indicadores de la salud, permiten preparar alertas sobre olas de calor y contaminación atmosférica peligrosa

del problema de las algas tóxicas en los últimos 15 años. La toxicidad de esas algas puede llegar a afectar a los seres humanos que consumen peces y moluscos. En muchos casos, los episodios de temperatura elevada de los océanos causan también la decoloración de los corales y, en algunos casos, la muerte de los arrecifes, con la consiguiente reducción de las pesquerías. Ello tiene un efecto negativo en las comunidades para las que el mar es la principal fuente de proteínas.

Las variaciones en las condiciones climáticas pueden inducir la propagación de muchas enfermedades de transmisión vectorial, especialmente las que obedecen a los mosquitos que crecen en estanques poco profundos. Se ha observado que la incidencia del paludismo en Colombia guarda una estrecha relación con el ENOA, registrándose mayor número de casos durante los períodos cálidos y húmedos de El Niño. Todos los años se registran entre 400 y 500 millones de casos de malaria en todo el mundo y hay que lamentar un

millón de víctimas. Con un clima cada día más cálido, es de esperar que los mosquitos portadores del paludismo se extiendan más y lleguen a las zonas subtropicales, e incluso las templadas, y que también afecten puntos situados a mayor altura. Esto último se ha observado ya en partes de África y América del Sur. La fiebre del dengue afecta actualmente a decenas de millones de personas todos los años y, de acuerdo a los pronósticos, se hará sentir también en zonas con clima más templado. Muchas otras enfermedades de transmisión vectorial, como la esquistosomiasis transmitida por un caracol marino, se ven influidas también por las temperaturas de las aguas y del aire, así como por las precipitaciones. Sería recomendable que las organizaciones de salud pública aumentasen sus niveles de prevención y preparación, especialmente en las áreas que se han visto afectadas recientemente, tomando en cuenta los parámetros meteorológicos e hidrológicos.



Las poblaciones de los países en desarrollo son particularmente vulnerables a las variaciones del clima y a las condiciones climáticas extremas
(A. Rahim Peu)

Ozono

El smog que afecta a las ciudades está asociado a menudo con problemas respiratorios, sobre todo asma. Entre los constituyentes nocivos del smog destacan las pequeñas partículas portadoras de productos químicos ácidos o tóxicos provenientes de las chimeneas de las fábricas y de los escapes de los vehículos, que pueden alojarse en los pulmones. Otro importante componente del smog es el ozono. Los episodios de smog dependen tanto de las condiciones del tiempo como del volumen de las emisiones. Para que ocurran las transformaciones químicas correspondientes, es necesario que haya luz solar, condiciones estables en las capas inferiores de la atmósfera que limiten la dispersión ascendente de los contaminantes, y temperaturas elevadas. Es muy probable que un clima más cálido llevará aparejado mayor número de problemas para la salud y que los episodios de smog y ozono también serán más numerosos.

El ozono está también concentrado en la estratosfera a una altura de 15-25 km sobre el nivel del mar y en su estado natural resulta beneficioso para la salud, a diferencia del ozono que se encuentra en la superficie, causante de problemas para la salud. La capa de ozono protege a los seres humanos, las plantas, la vida acuática y los animales contra los efectos nocivos de la radiación ultravioleta B (UV-B) emitida por el Sol. Esa forma de radiación es causante de cáncer de la piel, cataratas y trastornos del sistema inmunitario en los seres humanos. Los procesos naturales que contribuyen al mantenimiento de la capa de ozono de la estratosfera se ven afectados también por la intervención del ser humano, en particular la emisión de sustancias agotadoras del ozono como los clorofluorocarbonos (CFC) provenientes de diversos procesos industriales y de los equipos de refrigeración. Alarmados por los claros indicios del agotamiento de la capa de



ozono en latitudes medias, que oscila entre el 5 y el 6%, y que puede llegar al 50% durante la primavera del Antártico, los países firmaron el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono. Las estimaciones se basaron en mediciones tomadas bajo los auspicios de la VAG de la OMM, y por las expediciones antárticas del Reino Unido, así como en los datos de los satélites de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los EE.UU. El Protocolo ha permitido obtener una considerable reducción de ese tipo de emisiones y poner freno al proceso de agotamiento de la capa de ozono. Sin embargo, en vista de la lentitud del proceso de formación del ozono, es de esperar que transcurran varios decenios antes de que la capa de ozono se recupere plenamente. Las investigaciones también han demostrado el vínculo que existe entre el clima de la estratosfera, influido mayormente por el agotamiento de la capa de ozono, y el

El agotamiento de la capa de ozono va aparejado de un aumento de la radiación ultravioleta y de mayor riesgo de enfermedades, como es el caso del cáncer de la piel (S. Béliveau/WMO)

clima imperante en la superficie del planeta. Ello es particularmente notable en la Antártida.

Medidas de adaptación

Se pueden dar pasos para reducir los efectos negativos sobre la salud de las variaciones de la calidad del aire y del agua. Muchas de esas medidas caen en el terreno de la salud pública, pero otras pueden tomarse a nivel personal. Los resultados de la vigilancia de la radiación UV-B se dan a conocer periódicamente por diferentes medios.

Las predicciones del tiempo pueden desempeñar un papel importante por lo que respecta a los episodios de smog y de estrés térmico. Las alertas de temperaturas elevadas y de smog, basadas en los pronósticos del tiempo, se utilizan en muchas ciudades para exigir la limitación de las emisiones y/o el traslado de pacientes susceptibles y ancianos a lugares con aire acondicionado. Esas precauciones contribuyen a reducir los ataques respiratorios y el número de víctimas. Las previsiones del clima correspondientes a diferentes estaciones se han utilizado también para predecir la probable incidencia de mosquitos portadores de dengue en el futuro.

El análisis de las implicaciones para la salud del transporte de contaminantes a grandes distancias requiere un estudio más detallado de los

mecanismos del transporte atmosférico y oceánico de los contaminantes y de la transformación de estos contaminantes en la atmósfera. Esas investigaciones pueden revelar la fuente de los contaminantes que llegan a un punto o receptor determinado, trátase de lagos, bosques, o zonas urbanas. Los países fuente de contaminantes deben adoptar las medidas apropiadas para reducir las emisiones en el marco de los acuerdos internacionales sobre la reducción de emisiones nocivas.

En pocas palabras, existen muchas medidas de adaptación que permitirían reducir al mínimo los efectos sobre la salud. Algunas de las medidas más eficaces dependen directamente de las predicciones del tiempo y de las condiciones hidrológicas, así como de su disponibilidad a través de los diferentes canales de comunicación públicos. En lo que respecta a la adaptación a más largo plazo a inundaciones, sequías, temperaturas más elevadas y mayores niveles de contaminación, es necesario contar con proyecciones fiables de los cambios climáticos futuros. Los estudios internacionales cooperativos, realizados bajo la égida del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), con la coordinación de la OMM, la Comisión Oceanográfica Internacional y el Consejo Internacional para la Ciencia, están llevando a continuas mejoras en cuanto a la fiabilidad de las proyecciones del cambio climático.

OCÉANOS, TIEMPO Y CLIMA

Se han observado también profundos cambios en los sistemas oceánicos. Desde una perspectiva biológica, más del 50% de los manglares que crecen a lo largo de las costas han desaparecido, la superficie de los humedales productivos a lo largo de las costas ha disminuido en más de un tercio, y la explotación excesiva de las pesquerías marinas afecta en la actualidad a más del 50% de los cardúmenes. Existe un intercambio de calor, agua, dióxido de carbono y otras sustancias químicas entre los océanos y la atmósfera que frena el cambio climático, que de lo contrario sería mucho más rápido. Las corrientes oceánicas transportan una considerable cantidad de calor, desde los trópicos hasta las regiones polares.

Océanos y variabilidad del clima

Los océanos cumplen también una función crucial en las variaciones climáticas, especialmente sobre una base estacional y multianual, debido a la estrecha relación que existe entre las temperaturas del océano, las corrientes y la atmósfera. La variación mejor conocida es la denominada El Niño/Oscilación Austral, fenómeno que se observa en el Océano Pacífico. Otras incluyen la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Decenal del Pacífico (ODP).

En el transcurso del pasado siglo la ODP ha experimentado considerables variaciones. Los ejemplos más recientes se encuentran a mediados y fines del decenio de 1970. Ello ha estado unido a condiciones climáticas más cálidas y más secas en la zona occidental de América del Norte. Esos cambios han dado lugar a una modificación del régimen de los ecosistemas del Pacífico Norte, que ha afectado al zooplankton y a las poblacio-

nes de camarones y salmón y a casi cien otras variables biológicas y medioambientales.

Océanos y cambio climático

Junto a los cambios interestacionales y anuales de corto plazo en los océanos, habrán otros de largo plazo que afectarán al clima. La temperatura de los 300m superiores de las aguas oceánicas ha ido aumentando desde mediados de los años 70. El análisis del contenido calórico en aguas intermedias y profundas indica también una tendencia al aumento, especialmente en el Atlántico y en la zona meridional del Índico. Esa elevación de las temperaturas de grandes extensiones de los océanos tendrá implicaciones a largo plazo en el clima de todo el planeta.

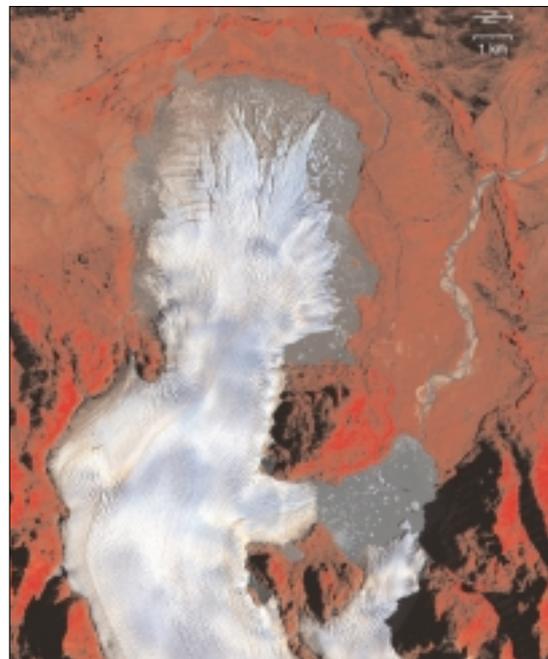
La mejor comprensión del papel que desempeña en el clima la circulación oceánica ha permitido elaborar mejores modelos para la preparación de pronósticos meteorológicos y oceánicos y para los estudios del clima



Las observaciones satelitales de los glaciares contribuyen a una mejor comprensión de los peligros naturales, la evolución ambiental y el ciclo hidrológico (NASA/GSFC/MITI/ER SDAC/JAROS y Equipo científico ASTER de EE.UU. y Japón)

Hielos marinos

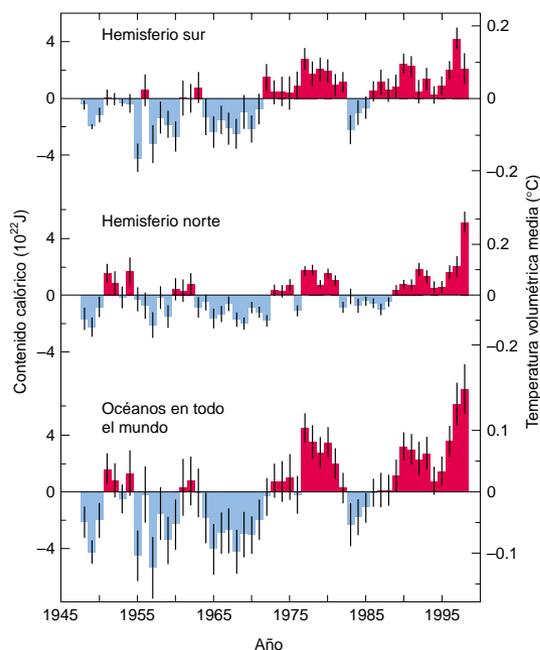
El balance energético del planeta podría verse grandemente alterado si se derritieran los hielos marinos en las latitudes más elevadas. Los hielos reflejan la mayoría de la energía solar pero el agua, debido a su menor reflectividad, absorbe la casi totalidad de esa energía. La fusión de los hielos amplifica los efectos del calentamiento climático en latitudes elevadas. La extensión de los hielos marinos en el hemisferio norte, tanto la observada como la correspondiente a los modelos, entre 1900 y 2050; indica una continua reducción de la capa de hielo del Ártico, lo que tiene profundos efectos sobre el clima regional y mundial.



Elevación del nivel del mar

Las predicciones de la elevación del nivel del mar son una gran preocupación para las comunidades costeras. La expansión de las aguas oceánicas debido a la elevación de su temperatura ha sido el más importante factor causante de la elevación del nivel de los mares, y según parece continuará siéndolo. Se ha estimado que entre 1910 y 1990 la elevación media anual del nivel del mar ha oscilado entre 1 y 2 mm. El deshielo de los glaciares es también un factor importante. Un factor difícil de estimar es el aumento durante el último siglo del volumen de agua que ya no llega a los océanos debido a la construcción de represas y embalses y a otros usos de este recurso por los seres humanos.

En el cuadro de la página siguiente se presenta un resumen de los valores proyectados de los aumentos del nivel medio del nivel del mar entre



Variaciones del contenido calórico del océano 1948-1998 (Cambio Climático 2001, La base científica, IPCC, GdT I)



Causas de la elevación del nivel del mar (Cambio climático 2001, Informe de Síntesis, IPCC)

2050 y 2080, tomándose en cuenta las incertidumbres relativas a los modelos del aumento del nivel del mar y a los escenarios de emisiones futuras.

El intervalo entre el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la elevación del nivel del mar es relativamente largo, por lo que cabe esperar que el nivel medio del mar continuará elevándose durante varios siglos si las emisiones se mantuvieran al nivel actual.

Cuestiones operativas

La seguridad en alta mar requiere preparación para hacer frente a tormentas de gran intensidad y olas de gran altura. Los avisos o alertas necesarios necesitan una estrecha cooperación entre meteorólogos, oceanógrafos y usuarios marinos. Al igual que las aerolíneas pueden ahorrar combustible y tiempo aprovechando las predicciones de vientos en las capas superiores de la atmósfera, también la orientación de las rutas marinas sobre la base de las predicciones meteorológicas y oceanográficas puede permitir ahorros de tiempo y dinero durante largos viajes.

Para poder analizar estas y otras cuestiones que tienen que ver con la relación océano-atmósfera, la OMM mantiene estrecha cooperación con la Comisión Oceanográfica Internacional (COI) de la UNESCO. De esta colaboración nació la Comisión Técnica Mixta OMM/COI sobre Oceanografía y Meteorología Marina (CMOMM) con el fin de abordar cuestiones más operativas, incluida la coordinación de los sistemas de observación de las condiciones marinas empleando diferentes tipos de boyas, buques y satélites. Se están introduciendo muchos recientes avances tecnológicos para hacer avanzar nuestra comprensión de las interacciones entre la atmósfera y el mar y para brindar servicios a los usuarios marinos.

Variaciones proyectadas del nivel medio del mar

	Escenario 1 (bajo)	Escenario 2 (alto)
2050	0.08 m	0.44 m
2080	0.13 m	0.70 m
eventual	0.50 m	2.00 m

Elevación del nivel medio del mar (Fuente: IPCC, 2001)



Los meteorólogos y los oceanógrafos aúnan esfuerzos en aras de la protección de vidas y bienes en el mar y de la protección de los océanos

Unos 3.000 flotadores Argo recogen datos que permiten preparar perfiles de temperatura hasta una profundidad de 2.000 metros y realizan mediciones de las corrientes subsuperficiales, ascendiendo más tarde a la superficie para transmitir por satélite la información recogida. Esos datos completan las observaciones del tiempo y de la temperatura del agua procedentes de 6.000 buques de observación voluntaria, 1.000 boyas a la deriva, 300 boyas fijas y 600 plataformas fijas. Estos últimos tres tipos de sistemas se encargan de hacer mediciones meteorológicas y oceanográficas. Estos sistemas de observación, unidos a los datos de teledetección de los satélites, proporcionan cobertura total de los océanos para la elaboración de predicciones operativas y alertas, y aportan datos para las investigaciones que se llevan a cabo en el marco del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y del Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO).

Entre los instrumentos más importantes para el uso operativo de mejores predicciones y alertas en alta mar destaca el Convenio Internacional sobre la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), que engloba ahora el Sistema Mundial

de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM) de la Organización Marítima Internacional.

Muchos SMHN preparan predicciones operativas en tiempo real para zonas costeras, que son necesarias para la seguridad de la pesca costera, el funcionamiento y mantenimiento de los puertos, las actividades recreativas y otros usos en zonas costeras, incluido su desarrollo económico. La predicción operativa en zonas costeras es sumamente difícil por la complejidad de las interacciones de las brisas que soplan de mar a tierra y viceversa, las corrientes oceánicas, las olas, las mareas y las mareas de tempestad y el caudal de los ríos, . La determinación de los efectos de mareas de tempestad y olas sobre las playas, la erosión de las costas, la intrusión de agua salada tanto en los acuíferos de agua dulce como aguas arriba en los estuarios y la protección de arrecifes de coral y pesquerías, son cuestiones que requieren gran atención, sobre todo ahora ante la amenaza de elevación de las temperaturas y del nivel del mar.

Los incidentes de contaminación marítima también amenazan las costas y los recursos biológicos en sus cercanías, las algas, los mariscos, los peces, las aves marinas y la vegetación. Se han ido desarrollando técnicas para contener o dispersar los derrames de petróleo, cuyo desplazamiento depende de los vientos y corrientes oceánicas existentes cuando se produjo el incidente así como de las condiciones imperantes en días y semanas posteriores. Los meteorólogos y los oceanógrafos deben desempeñar un papel importante en el Sistema de apoyo a la respuesta de emergencia en caso de contaminación marina (MPERSS) para aguas internacionales. Estos profesionales son los primeros en ser consultados cuando ocurren derrames en aguas costeras nacionales y también en aguas interiores.

La prestación de este gran número de servicios marinos se ve facilitada por tecnologías innovadoras que están siendo adaptadas constantemente para satisfacer las necesidades de los usuarios.

LA CONEXIÓN ENERGÉTICA

Las predicciones meteorológicas e hidrológicas resultan muy útiles para las empresas de servicios públicos a la hora de satisfacer la demanda y de programar más eficientemente la producción y distribución de electricidad y gas natural. En zonas templadas, la mayor demanda de energía ocurre en días muy fríos, cuando hace falta mucha calefacción, y en días muy cálidos, cuando hay gran necesidad de aire acondicionado. Igualmente, las predicciones del caudal que entra en los embalses permiten un uso más eficiente del agua para la generación hidroeléctrica. Algunas empresas de servicios públicos contratan a meteorólogos e hidrólogos que se encargan de adaptar las predicciones de los SMHN con el fin de lograr una mayor eficiencia. A la hora de analizar si un uso menos intensivo del carbón permite seguir satisfaciendo las crecientes necesidades energéticas de una población mundial en constante expansión, deben tomarse en cuenta las siguientes cuestiones:

Energía eólica: la selección de sitios óptimos para las granjas eólicas no es tarea fácil. No solo es necesario evaluar los valores medios, mínimos y superiores del movimiento general del aire en la zona, sobre una base diaria, mensual y anual, sino que debe señalarse que los efectos de micro-escala, debido a pequeñas variaciones en la elevación de las tierras, la vegetación, los edificios, etc., pueden afectar los vientos locales y los beneficios económicos. De todas las fuentes renovables de electricidad, el precio de la energía eólica es el más similar al de la electricidad generada con combustibles fósiles. Se estima que el potencial técnico de la energía eólica corresponde a 1,5 veces el total de la energía utilizada en todo el mundo en la actualidad.

Energía solar: los costos de esta forma de electricidad continúan disminuyendo pero, por el momento, siguen siendo generalmente superiores a los de los combustibles fósiles. Con todo, el empleo directo de la energía solar para calentar agua es por lo general bastante barato, y tiene grandes posibilidades en zonas tropicales y subtropicales. A medida que uno se aleja de los trópicos o de las zonas desérticas donde abunda la energía solar, un análisis más cuidadoso de las horas de insolación y de la intensidad solar puede ser útil para determinar su rentabilidad.

Energía hidroeléctrica: Esta forma de electricidad proporciona un 20% del total de la

La energía hidráulica tiene un gran potencial para la producción de electricidad en el futuro. La información hidrometeorológica es imprescindible para su diseño, seguridad y explotación óptima (William Torres)





El edificio de la sede de la OMM refleja la inquietud de la OMM para la protección del medio ambiente a nivel local y global. Se hace uso de sistemas de retención de calor y enfriamiento óptimos y favorables al medio ambiente, que también permiten que penetre la luz solar

electricidad consumida a escala mundial. Se estima que el potencial utilizable desde un punto de vista técnico es superior a la producción actual; sin embargo, las fuentes consideradas económicamente viables atendiendo a los precios actuales de la electricidad, permitirían un aumento del 50 al 80% sobre la producción actual. Para diseñar una presa y un proyecto de energía hidroeléctrica, el hidrometeorólogo debe analizar y extrapolar los valores hidrométricos y climáticos del pasado para evaluar, por ejemplo, el período de retorno de las avenidas para 1.000 años. En el caso de las represas aguas arriba de zonas pobladas, el hidrometeorólogo debe utilizar medios físicos para evaluar la precipitación y la crecida máxima probable, con vistas a garantizar la seguridad de la estructura propiamente dicha. El análisis de la viabilidad económica a largo plazo del proyecto depende también de otros factores como el caudal mínimo que es probable que ocurra y las estimaciones de las pérdidas máximas por evaporación.

Energía de biomasa: el mayor uso de productos derivados de la biomasa, como es el caso del biogás y del etanol empleado como combustible en vehículos y para la cogeneración de electricidad y calefacción central, puede hacer una contribución significativa a la mezcla de fuentes de energía. La utilización de madera es algo común en muchos países. Si estuviera acompañado de la reforestación, o de la siembra de cultivos, el uso de biomasa permitiría sustituir combustibles fósiles y reducir considerablemente las emisiones de dióxido de carbono.

CONCLUSIONES

La tecnología de la era de la información ofrece las más prometedoras perspectivas para que la humanidad saque partido de los avances de la meteorología, la hidrología y las ciencias geofísicas afines. Las aplicaciones computarizadas están muy generalizadas, las tecnologías espaciales revolucionan los sistemas de observación del medio ambiente y las comunicaciones modernas, incluida Internet, facilitan la cooperación a escala regional y mundial.

La tecnología de la información es importante para todos. La radio, la televisión y la Internet permiten hacer llegar rápidamente a la población las alertas de tormentas, inundaciones y sequías. Al mismo tiempo, la población cobra conciencia de la devastación causada por estos fenómenos mediante informes diarios e imágenes. Esto, a su vez, hace que las medidas de preparación constituyan un asunto de la mayor importancia.

Al mismo tiempo, los medios de comunicación pública proporcionan información científica respecto del tiempo, el clima, el agua y el medio ambiente. Por consiguiente, es esencial que los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos, así como los profesionales en este campo puedan tratar de manera eficaz con los medios de difusión, ya que éstos son los asociados esenciales para la transmisión de la información científica autorizada sobre cuestiones atmosféricas, climáticas e hidrológicas y contribuyen a difundir la información sobre las condiciones meteorológicas y las alertas.

Por lo que respecta a la protección del medio ambiente en todo el mundo y a la gestión eficiente de los recursos del planeta, estamos llegando a varias encrucijadas. Es necesario acelerar los esfuerzos científicos para poder predecir los efectos de la actividad humana con mayor grado de certidumbre. Es necesario estimular y reforzar la voluntad pública y política para sacar provecho de los conocimientos ya disponibles. Por otra parte, como muchas de las cuestiones son de índole transnacional, e incluso mundial, debe brindarse un vigoroso respaldo a la cooperación internacional, por conducto de organismos de las Naciones Unidas como la OMM.

Deberá alentarse, sobre todo, el desarrollo de nuevas tecnologías, aprovechándolas al máximo, para contribuir a que la humanidad pueda reducir los efectos adversos del tiempo, el clima y el agua y a sacar mayor partido de los beneficios de esos recursos ambientales. Deberá prestarse especial atención a las necesidades de los países en desarrollo: el respaldo brindado a sus Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales se traducirá en beneficios para todas las naciones.

Las cuestiones y dilemas que la humanidad deberá enfrentar a comienzos del siglo XXI requieren que se ponga mayor énfasis en las ciencias de la meteorología, la hidrología y la oceanografía, la adopción de tecnología avanzada que de cuenta de las cuestiones ambientales más espinosas, y la plena explotación de nuevas avenidas de comunicación científica y con el público.

A pesar de todos nuestros esfuerzos, no hemos podido identificar al fotógrafo que tomó la imagen que aparece en la página 18. Sin embargo, hemos decidido incluir esa foto convencidos de que el fotógrafo hubiese deseado que se publique en el presente folleto.