

mática de alta calidad así como de un completo conocimiento de cómo se puede aplicar médicamente la información meteorológica.

Los servicios climáticos para el sector del turismo y ocio, incluyen la provisión de las características meteorológicas como entrada de los diversos tipos de modelos de decisión—objetivos o subjetivos—en apoyo de proyectos de desarrollo. Esto incluye mapas climatológicos de suelos y recursos considerados para diferentes clases de actividades de ocio. Son ejemplos obvios el desarrollo de emplazamientos de esquí, baños marinos, vela, piragüismo y descenso en balsa de aguas turbulentas. Otros ejemplos de desarrollo de actividades donde el clima ha de ser considerado, son las instalaciones de acampada, de salud, paseos campestres, campos de golf, de tenis y otras zonas de deportes.

Las condiciones meteorológicas y climáticas han de ser consideradas para la explotación de muchas actividades turísticas y de ocio. La explotación óptima es dictada frecuentemente por las condiciones meteorológicas previstas. Para asegurar unos riesgos mínimos y una viabilidad económica óptima, los acontecimientos deportivos más importantes deben planificarse sobre la base de probabilidades climatológicas bajo la dirección de asesores profesionales y con servicios meteorológicos especializados, como es lógico. Debe considerarse el riesgo potencial de la presencia de un tiempo severo y quebrantador; pueden necesitarse avisos especiales y alertas, para reducir el riesgo de fracaso. En casos extremos, esto garantizará también la seguridad de vidas y propiedades.

□

MODERNIZACIÓN DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Por G. Enrique ORTEGA GIL*

Antecedentes históricos

El 6 de marzo de 1877 se creó el Observatorio Meteorológico Central, precursor del actual Servicio Meteorológico Nacional (SMN). También en ese año, iniciaron su operación otros siete observatorios meteorológicos.

En 1901 el Observatorio Central inició los trabajos de ampliación de la red de observación, así como la organización del Servicio Meteorológico Nacional, orientado a satisfacer los requerimientos de la agricultura y al fomento de la actividad económica en las distintas regiones climáticas del país.

En 1926, habían aumentado a 50 los observatorios meteorológicos y a partir de 1930 la red climatológica también se amplió, crecimiento que se produjo conforme aumentaba la población del país. Hacia finales del decenio de los 80, la red de observación climatológica y meteorológica, equipada con instrumentos convencionales, comprendía 79 estaciones sinópticas, 5 270 estaciones climatológicas, cinco radares analógicos, 10 estaciones de radiosondeo y una estación receptora de imágenes

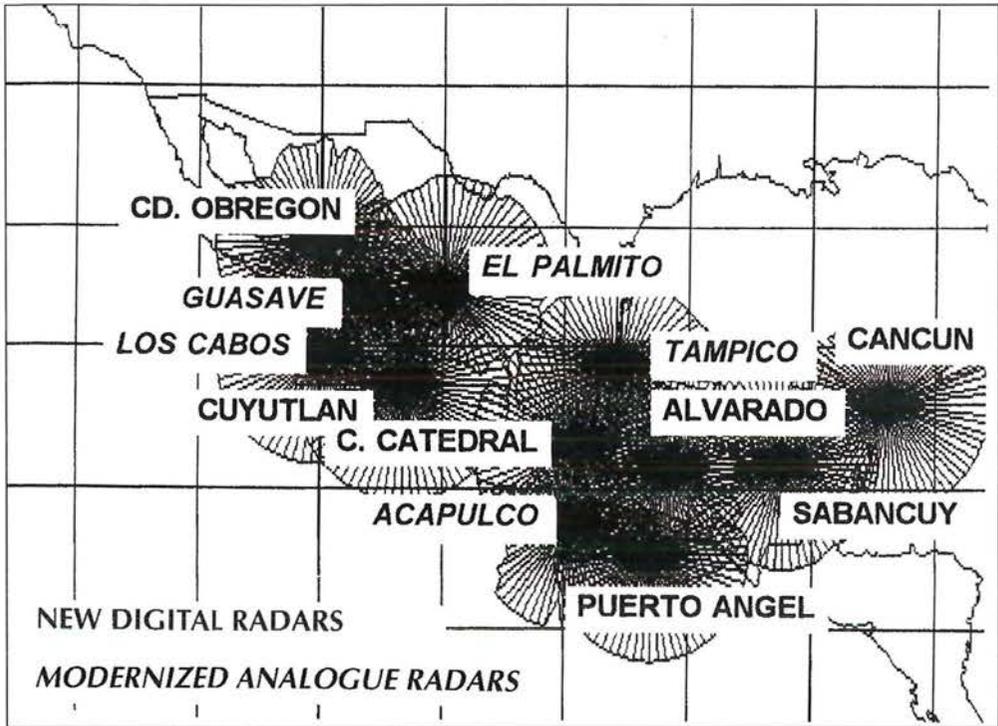
del satélite meteorológico GOES.

Sin embargo, el SMN tenía una operación deficiente por insuficiencia de personal capacitado, obsolescencia en sus equipos e instrumentos y, en general, por falta de mantenimiento preventivo y correctivo.

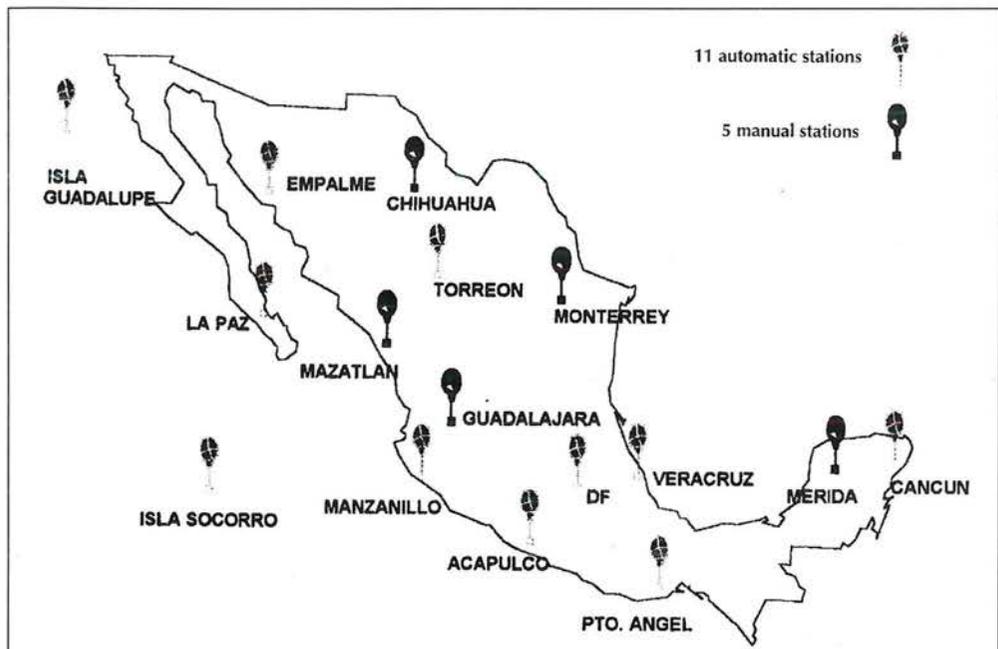
A partir del año 1988, la Comisión Nacional del Agua (CNA) es la dependencia del gobierno federal encargada de proporcionar al público la información meteorológica, climatológica e hidrométrica. Asimismo, tiene la responsabilidad del funcionamiento de las presas para el control de avenidas y de intervenir, dentro del Sistema Nacional de Protección Civil, en auxilio a la población en situaciones de emergencia provocadas por fenómenos meteorológicos. Los servicios meteorológicos para la aviación comercial los realiza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de los Servicios para la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano, en 56 aeropuertos nacionales e internacionales del país. Los servicios para la aviación militar los lleva a cabo la Secretaría de la Defensa Nacional, por medio de la Fuerza Aérea Mexicana.

Durante el período 1989-1994, la CNA inició la primera etapa de modernización del Servicio Meteorológico Nacional que tuvo como principal objetivo el mejorar las predicciones meteorológicas a 24 y 48 horas, a través de tres estrategias:

* Administrador del Servicio Meteorológico Nacional de México



SMN de México: (arriba) red de radares (cobertura de 10 km a.n.m.) y (abajo) red de radiosondeos



- cursos de formación profesional y programas de actualización para el personal operativo;
- implantación de nuevas redes para la obtención de

- datos meteorológicos en tiempo real, e
- iniciación del manejo sistemático de la transmisión y difusión de la información.

Recursos humanos

Los programas de formación y actualización de los grupos de trabajo es la parte fundamental de la modernización. Para ello se desarrolló un programa de capacitación y adiestramiento para los meteorólogos y profesionales de áreas afines, así como la integración de especialistas distribuidos en los principales centros operativos del SMN.

El programa consistió en la definición del perfil de los especialistas requeridos, la adopción del criterio de selección, el diseño de programas de adiestramiento para el personal y la implantación de un programa denominado de especialistas en hidráulica¹, para seleccionar a profesionistas destacados, incorporarlos al Servicio y especializarlos en ramas relacionadas con la meteorología y áreas afines².

El personal que ingresó al SMN como parte de este programa, inició sus actividades en un cursillo práctico para meteorólogos Clase IV³. También, el SMN tuvo nueve becarios realizando cursos de posgrado en el extranjero. Estas personas se han ido incorporando al Servicio o a instituciones ligadas al mismo. Otras actividades que considera el programa son las estancias de trabajo de los especialistas en servicios meteorológicos de la Región IV, la participación en los cursos y reuniones especializadas de la OMM, así como en cursillos de entrenamiento para mejorar la operación cotidiana.

Para el personal que ya laboraba en los observatorios y que tiene escolaridad de nivel inferior a la licenciatura, se implantaron cursillos de entrenamiento para meteorólogos de clases IV y III, los cuales fueron realizados con el apoyo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Equipo

La modernización incluyó la instalación de una red automática de observación y una red de telecomunicación que consta de siete radares digitales nuevos, cinco radares analógicos modernizados, 600 estaciones automáticas climatológicas⁴ y 65 estaciones automáticas sinópticas, una estación receptora de los datos transmitidos por las 665 estaciones automáticas y las 11 de radiosondeo, una estación para recibir las imágenes del satélite meteorológico GOES 8 y una red privada de telecomunicacio-

nes para la transmisión de datos a través de la red digital integrada y del satélite mexicano SOLIDARIDAD.

Manejo de la información

Los principales productos del SMN son los avisos y boletines meteorológicos que se dirigen al Sistema Nacional de Protección Civil. El Centro Nacional de Previsión del Tiempo del SMN, es la unidad responsable de analizar la información meteorológica básica a diversas escalas geográficas y cronológicas, con objeto de elaborar los pronósticos del tiempo a corto y medio plazo, así como los avisos de perturbaciones tropicales y tormentas severas que puedan afectar al territorio nacional.

El pronóstico meteorológico que se realiza actualmente es de buena calidad, el meteorólogo utiliza las diversas fuentes de información que incluyen las imágenes de los satélites y los radares meteorológicos, mapas DIFAX, datos sinópticos, datos de las estaciones climatológicas automáticas y de las estaciones de radiosondeo, modelos numéricos de los centros regionales y mundiales así como su propia experiencia. Se inició el desarrollo de sistemas para la automatización de los métodos de análisis y síntesis de la información meteorológica, lo cual permite incorporar controles de calidad y puntualidad en la producción de pronósticos.

La difusión de los productos meteorológicos del SMN se realiza principalmente mediante el empleo del fax y, desde 1994, vía modem, con un número mayor de usuarios conectados a la red de datos del SMN.

En cuanto al manejo de información climatológica, un primer paso para la integración de un banco de datos fue la digitalización de los datos de 5 270 estaciones climatológicas, para el período de 1961 a 1990. A la fecha, se tienen disponibles 1 534 millones de bytes de información de 5 325 estaciones climatológicas que suponen 250 millones de datos diarios de temperatura, lluvia y evaporación, en el sistema CLICOM de la OMM. El sistema y la información climatológica digitalizada, se han transferido a través de cursillos de entrenamiento a las principales instituciones gubernamentales y académicas usuarias de la información. El propósito es promover el empleo de los datos para actualizar el conocimiento del clima del país.

Situación actual

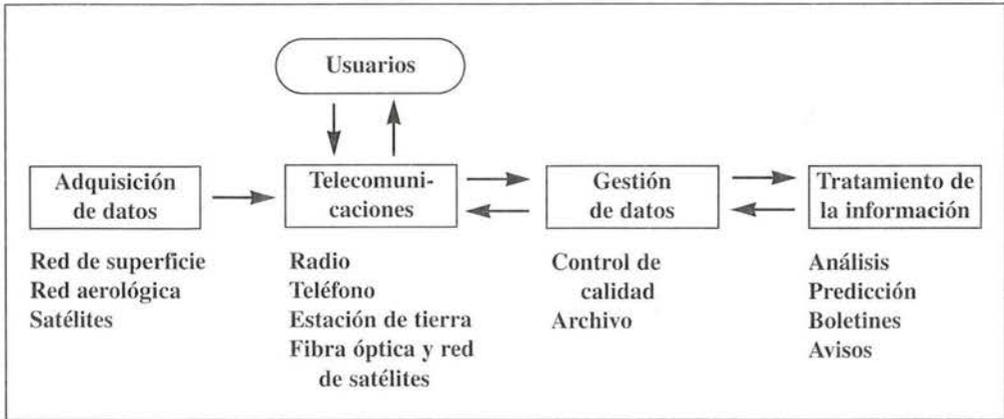
Desde 1988 hasta la fecha el SMN se ha ampliado hasta alcanzar: (a) 87 especialistas en meteorología y áreas afines, (b) una red nueva de adquisición de datos en tiempo real compuesta por 665 estaciones automáticas, once estaciones nuevas de radiosondeo, cinco radares modernizados y siete digitales nuevos, (c) una red informática con ordenadores personales, (d) un banco de datos digi-

¹ El programa de especialistas en hidráulica, permitió avanzar rápidamente en la estructuración de grupos de trabajo con profesionales que han aprendido las características y posibilidades del nuevo equipo.

² En México no existe la licenciatura en Meteorología

³ Según la clasificación de la OMM

⁴ 200 tienen sensor de nivel y están ubicadas en las principales presas del país



Operaciones del Servicio Meteorológico Nacional de México

talizados y (e) una red digital de telecomunicaciones.

Con la finalidad de obtener datos y productos meteorológicos provenientes de la Región IV de la OMM y de los modelos mundiales de PNT, a principios de 1996 se contará con una conexión con el Sistema Mundial de Predicción de Área denominado WAFS y será complementado con la información que se obtenga a través de INTERNET, por medio de la cual se intercambiarán datos de radares en tiempo real con el Servicio Meteorológico Nacional de los EE. UU.

La concentración de los datos meteorológicos básicos se realiza a través del sistema de telecomunicaciones en tiempo real, el cual está formado por el sistema mundial de telecomunicaciones (SMT) de la OMM, el GOES-8 y la red privada de la CNA que emplea el satélite mexicano SOLIDARIDAD.

Red meteorológica

Red de radiosondeo

Las estaciones de radiosondeo miden las variables de presión, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, así como la altura geopotencial, desde la superficie hasta una altura de 30 km. Se tienen nueve estaciones automáticas que utilizan el sistema de geoposicionamiento Omega y transmiten a través del satélite GOES la información procesada; dos estaciones automáticas que utilizan radioteodolito como sistema de referencia y transmiten por línea telefónica y cinco estaciones manuales que transmiten por vía modem. La información se almacena en una base de datos del SMN y se procesa en una estación de trabajo que decodifica y presenta los datos recibidos en un formato útil para los predictores del tiempo y otros usuarios; se utiliza el programa SONDA para realizar las gráficas de los sondeos en el diagrama termodinámico.

Red de radares meteorológicos

El SMN cuenta con una red de 12 radares (cinco modernizados y siete nuevos) para la detección de tormentas, evaluación cuantitativa de la lluvia y medición del campo de viento. La red actual se diseñó principalmente para la detección y seguimiento de ciclones tropicales, puesto que son los fenómenos más severos que afectan al país. El radio de la cobertura del radar es de 460 km y de 120 km en modo Doppler.

La información de cada radar se concentra, a través del satélite SOLIDARIDAD, en el Centro de Previsión del Tiempo de Ciudad de México y cada 15 minutos se actualizan las imágenes. Los equipos de procesamiento de cada radar, generan imágenes que se almacenan en forma de archivos informatizados y se transmiten a las instalaciones del SMN a través de la red de telecomunicaciones de la CNA. Actualmente se trabaja en el desarrollo de un programa para calibrar los productos de lluvia y viento procedentes de las estaciones de radar.

Red de observatorios sinópticos

La red sinóptica del SMN está integrada por 72 observatorios tradicionales que se encargan de la medición de las variables meteorológicas, de la transmisión cada tres horas en tiempo real de partes sinópticas que contienen información codificada de tipo puntual o acumulada mediante la clave FM12-IX SYNOP y de la elaboración de estadísticas climatológicas mensuales y anuales.

Al final de cada mes se difunden dos partes codificados, CLIMAT (FM71-IV CLIMAT) y CLIMEX, con los valores medios de la mayoría de los parámetros observados en cada estación.

En el SMN, el Centro de Previsión del Tiempo utiliza los datos en tiempo real para la elaboración de los boletines y avisos meteorológicos y el Área de Climatología se encarga de administrar las bases de

datos y de la difusión a los diversos usuarios.

Red de estaciones meteorológicas automáticas

Está formada con 665 estaciones meteorológicas automáticas que transmiten, vía satélite, cada tres horas datos de lluvia, velocidad, dirección y recorrido del viento, radiación solar, presión, temperaturas y humedad relativa. La información transmitida a través del satélite meteorológico GOES 8, se recibe en una plataforma de recopilación de datos y se procesa en una estación de trabajo que decodifica y almacena los partes en una base de datos.

Durante 1993 y 1994 se instalaron 400 estaciones climatológicas y 200 hidroclimatológicas. Estas proporcionan de forma continua la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, presión, precipitación y nivel del agua. Ellas procesan y almacenan en memoria RAM la información y la transmiten cada tres horas mediante el satélite GOES 8.

Para el manejo de la información de la red automática de superficie se desarrolló el Sistema de Acopio y Manejo de Información Climatológica (SAMIC) con el cual se obtienen mapas de isóneas, informes y gráficas de las principales variables meteorológicas. La información que está disponible en el banco de datos de la red consiste en los valores medio, mínimo y máximo de la dirección y velocidad del viento para cada 15 minutos, temperatura, humedad, presión, nivel del agua, así como la precipitación acumulada cada 15 minutos. Los datos originales de todas las transmisiones anteriores se mantienen en línea hasta durante un mes.

La información recibida de la red automática se almacena en el sistema SAMIC, sin embargo, hasta tener un período razonable de operación, que se ha estimado en tres años, las bases de datos de las estaciones automáticas no se integrarán a la información convencional de los observatorios y estaciones climatológicas. Actualmente se diseña un programa para calibrar los sensores de las 665 estaciones automáticas.

Información de satélites meteorológicos

En junio de 1994, se inició la operación del sistema receptor del satélite GOES 8 que permite la adquisición, procesamiento, manejo, difusión y almacenamiento de las imágenes infrarrojas, visibles y de vapor de agua. La configuración de las estaciones de adquisición y presentación, que incluye un puerto Ethernet, se encuentra integrada en la red de datos del SMN. Las imágenes del satélite GOES 8 se convierten, mediante programas desarrollados en el SMN, a un nuevo formato y mapas de bits, y son transferidas usando NFS a un servidor de la red local con objeto de ser presentadas y procesadas en los ordenadores del Centro de Previsión del Tiempo,

siendo empleadas por los meteorólogos para elaborar los avisos y pronósticos.

Red de telecomunicaciones

La red de telecomunicaciones utilizada por el SMN para la recolección de información meteorológica cuenta con una estación de radio, una red de radios de banda lateral única, líneas telefónicas conmutadas y enlaces con líneas privadas, así como enlaces con los satélites para obtener:

- datos de estaciones climatológicas, hidroclimatológicas, sinópticas y de radiosondeo, a través del satélite GOES 8;
- imágenes del satélite geoestacionario GOES 8 y, en forma alternativa, del GOES 9;
- datos sinópticos de superficie, datos de radiosondeo, mapas meteorológicos y avisos especiales emitidos por el Centro Nacional de Predicción de Huracanes de Miami, a través del satélite SPACENET 4, el cual será reemplazado por el sistema mundial de predicción de área (SMPA);
- imágenes de radar mediante el satélite SOLIDARIDAD.

El SMN realiza la difusión de información y productos meteorológicos mediante radio, teléfono, fax y modem. La distribución de productos se realiza por medio de un fax automático que los envía a cerca de 300 usuarios. La difusión de información digitalizada está disponible las 24 horas del día, a través de líneas telefónicas conmutadas. Actualmente se atiende a 50 usuarios que se conectan directamente mediante modem a la red de datos del SMN, cuyos principales productos son: boletines y avisos del SMN; imágenes del satélite GOES 8; imágenes de radar; datos de las estaciones automáticas y de los observatorios; información de radiosondeos, avisos del Centro Nacional de Huracanes de Miami; productos DIFAX; isoyetas de lluvia diaria e informes nacionales de la precipitación diaria. Para facilitar la difusión de productos generados por el SMN, se está instalando un nodo INTERNET.

Segunda etapa de modernización del SMN

En 1995 la CNA planteó una estrategia de modernización que preveía la transformación interna de los procedimientos, de los métodos operativos y de la tecnología para consolidar el desarrollo científico y tecnológico de la institución con el fin de brindar un mejor servicio a la sociedad. En ese sentido, se realizó un estudio de factibilidad, a través de un crédito del Banco Mundial, del Proyecto para la Modernización del Manejo del Agua (PROMMA).

Como parte del PROMMA, el SMN planifica la segunda etapa de modernización, cuyo objetivo general

es prestar un servicio público puntual y de calidad orientado a prevenir con la mayor anticipación la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

En los próximos seis años, se dará la máxima prioridad al mantenimiento y rehabilitación de las redes existentes, prestando la mayor atención a la incorporación de los avances científicos y tecnológicos que lleven a un mejor conocimiento de las condiciones atmosféricas para mejorar las predicciones. En consecuencia, el SMN deberá incrementar sustancialmente su capacidad en la meteorología y la climatología, pero a la vez, debe mantener un personal altamente capacitado en instrumentación electrónica, telecomunicaciones e informática que asegure la correcta supervisión de los contratos de mantenimiento y funcionamiento de las distintas redes, así como para planificar su futura evolución.

Las principales líneas de acción previstas para esta nueva etapa son:

- fortalecer la capacidad técnica del personal del SMN;
- consolidar el funcionamiento de las redes para la adquisición continua de datos de calidad controlada y lograr su gradual expansión;
- aumentar la capacidad de procesamiento de la información histórica y en tiempo real e implantar procedimientos, sistemas y bancos de datos para aprovechar al máximo la información meteorológica y climatológica; e
- incrementar la capacidad de distribución de los productos del SMN, especialmente ante condiciones meteorológicas extremas.

El programa tiene prevista su consolidación en 20 años. Entre los programas importantes para los próximos 5 años se tienen: la capacitación y formación del personal para pasar del actual 14 por ciento de especialistas en meteorología, al 42 por ciento a principios del próximo siglo; el mantenimiento preventivo y correctivo de las redes; la calibración de los instrumentos y equipos; la

implantación de los sistemas para la automatización de las operaciones y asegurar el funcionamiento del sistema de telecomunicaciones con un alto nivel de confianza.

En particular, se contempla la creación de un grupo de investigación y desarrollo, dedicado a implantar la tecnología avanzada; la formación de un grupo para explorar las opciones de comercialización de los productos del SMN; la realización de estudios encaminados a contar con modelos numéricos como herramientas operativas, así como para conocer con mayor profundidad los fenómenos meteorológicos y climáticos que afectan al país.

En el umbral del siglo XXI, la modernización integral del SMN tiene un reto, que compartimos con los Servicios Meteorológicos del planeta, de satisfacer una creciente demanda social para incrementar los niveles de protección, así como contar con información fiable y puntual que nos permita mejorar la productividad y el bienestar. □

Publicaciones de la OMM en árabe y en chino

Se recuerda a los lectores que algunas publicaciones de la OMM no se editan solamente en español, francés, inglés y ruso: los informes finales del Consejo Ejecutivo y del Congreso, así como los de las Asociaciones Regionales I (África) y II (Asia), se encuentran disponibles en árabe; los informes finales del Consejo Ejecutivo están así mismo disponibles en chino (a partir del CE-XLVIII); *Documentos Básicos* (OMM-N° 15) se encuentra publicado en árabe y chino. El *Compendio de apuntes de climatología para personal de las clases III y IV* (OMM-N° 726) y el *Compendio de apuntes de meteorología marítima para personal de las clases III y IV* (OMM-N° 434) de las series de formación profesional de la OMM se encuentran ahora también disponibles en árabe. (Ed.)

