

agua. Sin embargo, entre 20 y 30 años después, los efectos adversos pueden ser catastróficos.

H.T. — ¿Y qué hay de las zonas costeras de China?

Y.D. — En las zonas costeras de China, los efectos del cambio global son más pronunciados. Los efectos son variaciones en la temperatura y en la precipitación y en la frecuencia de los episodios climatológicos extremos, tales como tifones, y la variación del nivel del mar. Como cualquiera de estos episodios puede tener efectos graves sobre la vida socioeconómica de las zonas costeras, no es difícil imaginar cuáles serían sus efectos combinados o colectivos. Zhao Yifao y sus compañeros han estimado que, hasta el año 2050, el aumento relativo del nivel del mar será de 70 cm en algunas regiones del Delta del Yangtzé. Las consecuencias serán la invasión de los estuarios por agua salada, mareas de tempestad y explotación hídrica en zonas bajas y más erosión costera. En el Delta del Yangtzé y en las zonas costeras adyacentes los efectos del aumento del nivel del mar no son el único asunto por el que nos deberíamos preocupar. También debemos tener en cuenta los efectos de la descarga y la velocidad de flujo del río Yangtzé. Aquí tenemos el problema del equilibrio de todo el sistema hídrico; el mar de una parte y el río Yangtzé de otra. Los proyectos faraónicos en el río Yangtzé, a saber, el Proyecto de la

Presa de las Tres Gargantas, y el Proyecto de Transporte Hídrico Sur-Norte propuesto, también jugarán papeles importantes en el problema de la adaptación al efecto del aumento del nivel del mar.

H.T. — ¿Qué le gustaría decir para concluir?

Y.D. — Me gustaría concluir esta entrevista diciendo que:

- Los estudios de cambio global necesitan investigación sobre la adaptación a los efectos del cambio global.
- La adaptación al cambio global y al desarrollo sostenible se deben estudiar juntas.
- Se debe planificar el desarrollo sostenible basándose en las opciones de adaptación adoptadas adecuadamente para el cambio global.
- El desarrollo sostenible sólo es sostenible cuando se ha planificado una adaptación adecuada al cambio global.
- La adaptación y el desarrollo sostenible son de naturaleza sistemática.

H.T. — Gracias por esta clara entrevista. Sus pensamientos están tan bien fundamentados y explicados que no pueden dejar de ser convincentes. Me gustaría felicitarle por su larga y exitosa carrera y por su compromiso con los principios científicos.

16

Desarrollo histórico de la Vigilancia Meteorológica Mundial

Por James R. RASMUSSEN*

Introducción

Hace cuarenta años, en abril de 1963, el Cuarto Congreso Meteorológico Mundial aprobó el concepto de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) y embarcó a la Organización Meteorológica Mundial en un viaje que cambió e intensificó enormemente el desarrollo de la meteorología y de las ciencias atmosféricas. Para conmemorar este acontecimiento único en la historia de la OMM y de la meteorología en general, nos incumbe esbozar los importantes desarrollos históricos que condujeron a esas acciones del Congreso y después,

centrándonos en la Vigilancia Meteorológica Mundial, tratar su desarrollo y su importancia actual.

Desarrollo histórico

En el primer capítulo del volumen que conmemora el cuadragésimo aniversario de la OMM [1] se puede encontrar un resumen conciso del surgimiento de la meteorología como ciencia internacional y de la aplicación gradual de la ciencia a fines prácticos.

Aunque date de 1853, la cita destacada en la página siguiente está relacionada con el desarrollo de la cooperación internacional en meteorología, ya que contiene el núcleo de las necesidades que se han vuelto tan básicas para nuestra comprensión de la forma en que debería hacerse la meteorología; (a) todas las na-

* Director del Departamento de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM, 1989-1994

PROPUESTA DEL
TENIENTE DE
NAVÍO MATTHEW
FONTAINE MAURY,
DE LA ARMADA DE
LOS EE.UU.,
APROBADA POR LA
PRIMERA
CONFERENCIA
METEOROLÓGICA
INTERNACIONAL EN
BRUSELAS, EN AGOSTO DE 1853



... todas las naciones marítimas deberían cooperar y realizar estas observaciones meteorológicas de tal forma y con tales medios e instrumentos, que el sistema pueda ser uniforme y las observaciones hechas a bordo de barcos públicos puedan consultarse y compararse con las observaciones realizadas a bordo de otros barcos públicos en cualquier parte del mundo. Y, ... no solo es adecuado, sino prudente, que todos los resúmenes de los procedimientos que se utilicen, con la descripción de todos los instrumentos que se empleen, las cosas que se observen, con la manipulación de los instrumentos y de los métodos y los modos de operación sean el trabajo conjunto de las principales partes interesadas.

ciones deberían cooperar; (b) las observaciones deberían estar normalizadas; (c) debería ser una empresa mundial; y (d) los parámetros medidos, el registro e intercambio de datos y los instrumentos y métodos de observación deberían seguir un plan acordado.

A lo largo de los veinte años siguientes los conceptos propuestos en la comunidad marítima se extendieron a las emergentes redes nacionales de estaciones de observación y condujeron al Primer Congreso Meteorológico Internacional de Viena, en septiembre de 1873, donde los países con Servicios Meteorológicos Nacionales consolidados crearon la Organización Meteorológica Internacional (OMI). El Congreso se ocupó de los asuntos prácticos, tales como la calibración y comprobación de instrumentos, las horas de observación, las escalas y las unidades y el intercambio mutuo de observaciones por telégrafo, etc., temas que, de una u otra forma, todavía siguen con nosotros en la actualidad. También estableció el mecanismo permanente para llevar a cabo el trabajo. El trabajo técnico de la OMI se realizaba, generalmente, a través de un sistema de Comisiones Técnicas que constaba de grupos de expertos que trataban problemas y proponían soluciones

y procedimientos que influían en gran medida en la dirección que tomaba la meteorología y que aceleraban su avance. Los problemas técnicos incluían la ampliación de las redes de observación, la instrumentación, las normas de las observaciones, los códigos y los símbolos y las comunicaciones telegráficas y, finalmente, por radio. La coordinación internacional entre agencias comenzó con la coordinación entre la OMI y la Oficina Internacional de Telegrafía.

Después de la interrupción impuesta por la Primera Guerra Mundial, se reanudó el ritmo de la actividad dentro de la estructura de la OMI con nuevos esfuerzos en trabajos como la aplicación de la meteorología a la navegación aérea, el uso de emisiones de radio y el desarrollo de instrumentos mejorados, como el radiosonda. Desde 1939 a 1945, la guerra volvió a interrumpir el desarrollo ordenado de la OMI. Sin embargo, los desarrollos tecnológicos que se produjeron durante la Segunda Guerra Mundial (p. ej., el radar, la aviación, las comunicaciones y los avances en la ciencia meteorológica) y el nivel general de importancia que alcanzó la meteorología en el emergente orden mundial, dio nueva energía a la OMI. Se elaboró y aprobó el Convenio Meteorológico Mundial, creándose en marzo de 1950 la intergubernamental Organización Meteorológica Mundial. La OMM asumió la estructura técnica básica y las funciones de la OMI y basó su esfuerzo de continuidad en las tradiciones y en los procedimientos transmitidos por el anterior cuerpo, menos formal y no gubernamental. Los fines de la OMM, como se formulan en el Convenio, son una ampliación natural de la declaración adoptada casi un siglo antes en Bruselas.

El Primer Congreso de la OMM puso en marcha una propuesta que, después de su estudio por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas, convirtió a la OMM en una Agencia Especializada de las Naciones Unidas, lo que le permitió participar en el programa ampliado de NU de ayuda técnica para los países en vías de desarrollo. También asoció a la OMM con las Naciones Unidas y permitió que las NU pidieran a la OMM asumir la responsabilidad en los programas y actividades que caían dentro de sus términos de referencia. Los acontecimientos de la década posterior dan fe de la sabiduría y de la previsión de los delegados de este Primer Congreso. Definieron el papel y la responsabilidad que debería tener la OMM en la escena mundial.

La chispa

La llegada de la Era Espacial provocó que las naciones del mundo emprendieran las acciones que, a la larga, llevaron a la Vigilancia Meteorológica Mundial. El lanzamiento por parte de la URSS del SPUTNIK I en octubre

de 1957, y del SPUTNIK II en noviembre de 1957, seguidos por el lanzamiento por parte de los EE.UU. del EXPLORER I en enero de 1958, dieron lugar a un tremendo interés en todo el mundo, con un deseo intenso de garantizar que esta nueva tecnología se utilizaría para fines pacíficos. Casi de forma inmediata, el Comité Ejecutivo (CE) de la OMM (ahora Consejo Ejecutivo) anticipó el potencial para aplicar los satélites artificiales de órbita terrestre a la meteorología y nombró a un ponente sobre el tema durante su décima reunión de 1958. El ponente (H. Wexler, de los EE.UU.) presentó un informe al Tercer Congreso Meteorológico Mundial, en 1959, para aprobar la Resolución 28 Cg-III que establecía la política relativa a los satélites meteorológicos, a saber: (a) para fomentar el desarrollo de satélites meteorológicos como medio de ofrecer datos; y (b) para colaborar sobre el tema con las NU, con otras agencias especializadas y con la comunidad científica.

Después del Congreso, el CE-XI creó un Grupo de Expertos en Satélites Artificiales con el cometido de llevar a cabo un examen continuado de los usos posibles de los satélites artificiales para fines meteorológicos, y para que hiciera sugerencias sobre la mejor forma en la que la OMM podría ayudar a estas actividades. El Grupo estaba compuesto por: V. A. Bugaev (de la URSS); W. J. Gibbs (de la Comisión de Meteorología Sinóptica de la OMM); G. D. Robinson (de la Comisión de Aerología de la OMM) y H. Wexler (de los EE.UU.). El primer satélite meteorológico, el EXPLORER VII, fue lanzado casi inmediatamente después, en octubre de 1959, y el primero de la serie TIROS fue lanzado en abril de 1960. El creciente interés en la aplicación de los datos de satélite a los distintos programas de la OMM hizo que el CE-XII de la OMM (1960) pidiera al Grupo de Expertos en Satélites Artificiales que coordinara el trabajo de las Comisiones Técnicas dentro de este campo.

Científicos de todo el mundo, dándose cuenta de que las tecnologías emergentes (satélites, ordenadores digitales, predicción numérica y comunicaciones)

ofrecían grandes oportunidades para avanzar en la ciencia atmosférica, se propusieron articular lo que podría ser posible en los años venideros. Por ejemplo, la Academia Nacional de Ciencias (de los EE.UU.) emprendió un proceso de evaluación y de planificación durante los últimos años de la década de los 50

que culminó en un informe titulado "Las ciencias atmosféricas, 1961-1971". Aquí, aparentemente, apareció por primera vez el título "Vigilancia Meteorológica Mundial". Incluía una cobertura mundial de las observaciones tradicionales, los satélites meteorológicos, las estaciones terrestres automáticas y las boyas oceánicas, sistemas de globos, sondas para los buques mercantes y los aviones comerciales, un sistema mundial de telecomunicaciones y una red de centros regionales de servicios meteorológicos [2].

Esta actividad de planificación, aunque ya en marcha, se incluyó en el discurso que dio el Presidente de los EE.UU., John F. Kennedy, ante la Asamblea General de las NU el 25 de

septiembre de 1961, en el que instó a las NU a embarcarse en importantes iniciativas nuevas de predicción meteorológica y de comunicaciones por satélite [véase el recuadro].

La Asamblea General respondió, aprobando la Resolución N.º 1721 (XVI) el 20 de diciembre de 1961. La Resolución pedía a la OMM que llevara a cabo un amplio estudio de medidas para:

- Avanzar en el estado de la ciencia y de la tecnología atmosféricas para ofrecer un mayor conocimiento de las fuerzas físicas básicas que afectan al clima y de la posibilidad de una modificación del tiempo a gran escala.
- Desarrollar las capacidades existentes de predicción meteorológica y ayudar a los Miembros a utilizar de forma eficaz dichas capacidades a través de centros meteorológicos regionales.

El Secretario General de la OMM, el Dr. D. A. Davies, reclutó inmediatamente al Profesor V. Bugaev (de la URSS) y al Dr. H. Wexler (de los EE.UU.) para que lle-

EXTRACTO DEL CONVENIO METEOROLÓGICO MUNDIAL (1953)

Los fines de la Organización Meteorológica Mundial serán:

- Facilitar la cooperación mundial en la creación de redes de estaciones para la realización de observaciones meteorológicas u otras observaciones geofísicas relacionadas con la meteorología y fomentar la creación y el mantenimiento de centros meteorológicos encargados del suministro de servicios meteorológicos.
- Fomentar la creación de sistemas para el intercambio rápido de información meteorológica.
- Fomentar la normalización de las observaciones meteorológicas y garantizar la publicación uniforme de observaciones y de estadísticas.
- Fomentar la aplicación de la meteorología a la aviación, la navegación, la agricultura y otras actividades humanas.
- Promover la investigación y la formación profesional en meteorología y ayudar a la coordinación de los aspectos internacionales de las mismas.

*EXTRACTO DEL DISCURSO DEL
PRESIDENTE J. F. KENNEDY ANTE LA
ASAMBLEA GENERAL DE LAS NU, 25
DE SEPTIEMBRE DE 1961*

... Los científicos han estudiado la atmósfera durante muchas décadas pero sus problemas siguen desafiándonos.... Ahora disponemos de nuevas herramientas científicas. Con los ordenadores modernos, los cohetes y los satélites, es el momento oportuno para aprovechar una serie de disciplinas en un ataque concertado... las ciencias atmosféricas necesitan observaciones mundiales y, por ello, cooperación internacional... proponemos mayores esfuerzos de cooperación entre todas las naciones en la predicción meteorológica y, finalmente, en el control del tiempo. Proponemos, por último, un sistema mundial de satélites que una a todo el mundo por telégrafo, teléfono, radio y televisión.

varan a cabo el estudio solicitado. Con el apoyo del Dr. M. A. Alaka (de los EE.UU.) y del personal de la Secretaría de la OMM, se preparó el Primer Informe sobre el Avance de las ciencias atmosféricas y de su aplicación a la luz de los desarrollos en el espacio exterior [3], para presentarlo en junio de 1962 a las Naciones Unidas. Este Primer Informe trataba a muy grandes rasgos del concepto, la estructura y la función de la Vigilancia Meteorológica Mundial (véase el recuadro).

El Primer Informe pedía una importante mejora de la cobertura mundial de las observaciones convencionales, y también por satélite y sugería mejoras específicas en la red; pedía una importante mejora en las telecomunicaciones mediante un sistema mundial coordinado; y sugería que el sistema de proceso de datos, dentro de los Centros Mundiales y Regionales propuestos, ofreciera la información requerida por cualquier nación para su Servicio Meteorológico. Se necesitaría ayuda técnica para los Servicios en vías de desarrollo, incluidas más oportunidades de educación y formación profesional. El informe también sugería que los datos y los análisis mundiales generados por la VMM se suministraran a los Centros de Datos Mundiales para su uso climatológico y en investigación; anticipando de esta manera el importante papel que la Vigilancia Meteorológica Mundial acabaría jugando en los temas relacionados con el clima.

El informe listaba también los temas de investigación preliminares que deberían tratarse a través de esfuerzos de cooperación internacional para alcanzar los objetivos establecidos en la Resolución 1721, y proponía la creación de un Comité Asesor de la OMM. Este

comité, al que pertenecían miembros de toda la comunidad científica a través de organizaciones como la UNESCO y el CIUC, debería seguir tratando y refinando las necesidades y las prioridades de investigación. La lista preliminar de temas de investigación incluía:

- Problemas en la circulación general y en el balance de calor.
- Problemas en la predicción numérica del tiempo.
- Predicción a medio y largo plazo.
- Problemas relacionados con las influencias externas, solares o de otro tipo, sobre la atmósfera de la Tierra y la interacción entre la atmósfera superior e inferior.

En su decimoséptima reunión, en diciembre de 1962, la Asamblea General de las NU, en la Resolución 1802 (XVII), recomendó que la OMM "... desarrollara con mayor detalle su plan de un programa ampliado para fortalecer los servicios meteorológicos y la investigación meteorológica, dando especial importancia al uso de satélites meteorológicos y a la ampliación de las oportunidades de formación profesional y educación en estos campos...". La Resolución 1802 también "... pedía al Consejo Internacional de Uniones Científicas... que desarrollara un programa ampliado de investigación de la ciencia atmosférica que complementara los programas promovidos por la Organización Meteorológica Mundial".

EXTRACTO DEL PRIMER INFORME.....

La Vigilancia Meteorológica Mundial pretende ser un sistema de cooperación mundial de observación y predicción meteorológicas para ayudar a los servicios meteorológicos del mundo a cumplir con sus responsabilidades sin que todos los servicios tengan que realizar todos los pasos necesarios para este fin. La puesta en marcha y la coordinación de este sistema será la ampliación natural del papel que ya juega la Organización Meteorológica Mundial en la realización y normalización de las observaciones meteorológicas, la programación de las comunicaciones meteorológicas, etc. La nueva actividad estará relacionada con la creación y la difusión metódicas de información meteorológica procesada, tanto de fuentes convencionales como de satélites, y estará basada en un sistema de Centros Mundiales y de Centros Regionales diseñados para evitar la duplicación en la preparación de análisis y pronósticos, pero que facilite a todos los Servicios Meteorológicos los datos y la información que necesiten para llevar a cabo sus responsabilidades.

La Vigilancia Meteorológica Mundial

El Cuarto Congreso Meteorológico Mundial, reunido en abril de 1963, asumió el cometido contenido en las Resoluciones 1721 (XVI) y 1802 (XVII) de NU y puso en marcha el programa y las estructuras administrativas necesarias para garantizar que la Organización pudiera hacer frente a los desafíos planteados. Entre ellos se incluían: la aprobación del concepto de la Vigilancia Meteorológica Mundial como se presentó en el Primer Informe; la creación del Comité Asesor de la OMM sobre Investigación Atmosférica; la creación de un Fondo de Desarrollo de la OMM para financiar la VMM; y la creación de la unidad de planificación de la VMM en la Secretaría de la OMM.

Los años 1963-1967 fueron un período de intensa planificación tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Los adelantos tecnológicos y las resoluciones iniciales de las NU ofrecieron el empuje, pero la estructura política, financiera y administrativa para la incipiente empresa necesitaba la atención constante, el compromiso y la energía de toda la comunidad meteorológica. Algunos países organizaron comités o grupos de trabajo nacionales para desarrollar programas y decidir cuáles podrían ser sus contribuciones nacionales al esfuerzo internacional. Estos esfuerzos nacionales complementaron y contribuyeron de forma directa al trabajo de la Secretaría. Al leer los informes de cada reunión anual del Comité Ejecutivo de la OMM durante este período se obtiene la sensación de emoción y de trabajo duro que impregnaba la Organización. Además, la OMM presentaba a las NU anualmente los avances al Primer Informe [4] que contribuyeron a que el desarrollo de la VMM siguiera siendo patente en la más amplia escena internacional. La Asamblea General volvió a responder en 1963 mediante la Resolución 1963 (XVIII), reforzando las anteriores resoluciones y pidiendo a los Estados Miembros “cooperar en la creación de la Vigilancia Meteorológica Mundial”. Este interés señalado por parte del organismo intergubernamental más alto ofreció un tremendo apoyo y una gran ayuda a los representantes permanentes de la OMM en sus esfuerzos por generar apoyo nacional. La Unidad de Planificación de la Secretaría, que trabajaba con expertos de todo el mundo y las Comisiones Técnicas de la OMM organizaron reuniones de planificación que prepararon elementos del plan, que eran presentados al Comité Ejecutivo. Además, la Serie de publicaciones Informes de Planificación de la Vigilancia Meteorológica Mundial, de las cuales se publicaron más de veinticinco sólo en 1967, ofrecían los detalles, la definición y la justificación de los componentes específicos del plan emergente.

Funcionaban dos corrientes de actividad con respecto a los aspectos de investigación del programa.

Una era el trabajo del Comité Asesor de la OMM, creado por el Cuarto Congreso y la otra era la creación por parte del CIUC y de la IUGG del Comité de Investigación Atmosférica. Durante el período 1963-1967 se produjo una convergencia general de ambas corrientes con el nacimiento del concepto de un Programa de Investigación de la Atmósfera Global (GARP), dirigido por un Comité de Organización Conjunto (COC) del CIUC y de la OMM. De esta forma, la OMM pudo concentrarse en la formulación de planes y de estrategias de ejecución para el programa operativo de la VMM mientras que las actividades de investigación conjuntas pudieron embarcar a una gran serie de organismos gubernamentales y no gubernamentales, es decir, academias nacionales de ciencia, en el esfuerzo de idear un programa de investigación centrado. Con respecto a la VMM, el GARP tenía que:

- Recomendar a la OMM aquellas técnicas y procedimientos desarrollados en los programas del GARP que pudieran aplicarse en el funcionamiento de la VMM.
- Recomendar a la OMM la mejor manera de que la VMM apoyara las necesidades científicas del GARP.

La adopción del Programa de Planificación y Ejecución de la Vigilancia Meteorológica Mundial para 1968-1971 por parte del Quinto Congreso de la OMM (Anexo a la Resolución 16 (Cg-V)) en 1967 fue un hito en la larga y rica historia de la cooperación internacional en meteorología y en las ciencias atmosféricas en general. Este primer plan pretendía ser el paso inicial del proceso de desarrollo de la ciencia y de los servicios meteorológicos de forma mundial, aprovechando el progreso científico y el cambio tecnológico. La VMM, y el propio proceso de planificación, fueron considerados como dinámicos —lo suficientemente flexibles para adaptarse a las condiciones cambiantes— y abiertos a los avances tecnológicos y científicos.

Se centró en los siguientes conceptos básicos:

- El fin principal de la VMM era garantizar que todos los Miembros de la OMM obtuvieran la información meteorológica que necesitaban para su trabajo operativo y para la investigación. (En principio, ¡todo lo que necesitaba un Miembro para participar en la VMM era un teletipo!).
- La VMM debía ser un sistema mundial compuesto de equipos y servicios nacionales suministrados por Miembros individuales, coordinado y en algunos casos financiado por la OMM y por otras organizaciones internacionales.
- La VMM debía utilizarse solo para fines pacíficos.
- La VMM debía utilizarse para estimular y facilitar la investigación.

- La VMM necesitaría un programa adecuado de enseñanza y formación profesional.
- La información que necesitaran los Miembros incluiría tanto observaciones como datos procesados intercambiados de forma oportuna y coordinada y estaría disponible en las formas convenientes.
- Debía hacerse el uso máximo de los equipos y de los acuerdos existentes en todos los campos de actividad.

Los elementos esenciales de la VMM, según se describen en el Plan, eran:

- Las redes de observación y otros equipos e instalaciones: el Sistema Mundial de Observación (SMO).
- Los centros meteorológicos y los acuerdos para procesar los datos de las observaciones: el Sistema Mundial de Proceso de Datos (SMPD).
- Los equipos e instalaciones de telecomunicaciones y los acuerdos para el intercambio rápido de información: el Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT).
- El programa de investigación.
- La enseñanza y la formación profesional.

Las Actas del Quinto Congreso ofrecen una mejor comprensión de la magnitud de los compromisos de programas y financieros que estaban llevando a cabo los Miembros tanto en sus programas nacionales como en apoyo de la OMM y de su Secretaría. La dirección del Dr. Robert White, Representante Permanente de los EE.UU., es especialmente destacable:

una cita de su intervención después de que el Secretario General presentara las propuestas presupuestarias para el quinto período financiero ilustra su fuerte posición y su contundencia (véase el recuadro).

La maquinaria para gobernar y desarrollar ordenadamente la VMM se apoyaba en las Regulaciones Técnicas de la OMM, incluidos sus Anexos, los Manuales del SMO, el SMPD y el SMT. La entidad organizativa que llevaría a cabo la mayor parte del trabajo para desarrollar los detalles técnicos del programa y poner en marcha los elementos acordados internacionalmente era la Comisión Técnica de Sistemas Básicos (CSB) de la OMM, que antes de 1971 se llamaba Comisión de Me-

teorología Sinóptica (CMS). La CSB llevó a cabo su tarea a través de grupos de trabajo que se centraban en cada uno de los tres componentes principales y de un Grupo de Trabajo Asesor que coordinaba las actividades que eran complejas y relacionadas entre sí y que respondía a las necesidades de otras Comisiones técnicas y de otros programas. Las asociaciones regionales de la OMM se encargaron de la ejecución regional del Programa de la VMM.

Puesta en marcha y evolución de la Vigilancia Meteorológica Mundial

En los años y las décadas posteriores a 1963, se produjeron importantes desarrollos en las ciencias atmosféricas y oceánicas y en las tecnologías relacionadas con estas disciplinas que han tenido consecuencias sobre la VMM y, al menos en cierta medida, la VMM ha contribuido a su vez a esos desarrollos. El progreso en la ejecución del Plan original y las oportunidades tecnológicas que surgían de forma constante requerían la aprobación de un Plan y de un Programa de Ejecución en cada Congreso sucesivamente hasta 1983, en que el proceso de Planificación a Largo Plazo de la OMM asumió esta actividad.

Realmente, la VMM siempre estará incompleta e inacabada. Teniendo en cuenta que la VMM consta de los equipos, los sistemas y las operaciones de los Servicios Meteorológicos Nacionales de los 185 Miembros de la OMM, cada uno con sus propias necesidades únicas de servicios meteorológicos, y cada uno con distintos

niveles de capacidad técnica y financiera, no es sorprendente que haya habido frustraciones y pequeñas rendiciones a la hora de alcanzar los objetivos formulados en las distintas ediciones del Plan. Desde 1967 en adelante, los informes del Congreso, del Consejo Ejecutivo, de las asociaciones regionales y de las comisiones técnicas, en especial la CSB, dan testimonio de estos "males crecientes". Las oportunidades que surgen del progreso tecnológico (p. ej., las comunicaciones mundiales y la capacidad y velocidad informáticas) no se suelen aplicar lo suficientemente rápido en todo el sistema mundial como para que se beneficien todos los Miembros.

EXTRACTO DE LA INTERVENCIÓN DEL DR. ROBERT WHITE DURANTE EL QUINTO CONGRESO METEOROLÓGICO MUNDIAL



La Organización Meteorológica Mundial está en una encrucijada. La acción que tomemos frente a los asuntos financieros que se nos presentan determinará, en gran medida, la dirección que tomemos. Al final de un camino está el cumplimiento de la promesa de que nuestra tecnología moderna se despliega. Al final del otro, una continuación del pasado.... En este Congreso se nos presenta el momento de la acción. ...»

Los programas de cooperación técnica, aunque son tremendamente beneficiosos para muchos servicios en vías de desarrollo, sencillamente no han podido satisfacer todas las necesidades. Las necesidades de enseñanza y formación profesional del personal de los Servicios Meteorológicos de los países en vías de desarrollo son satisfechas de forma constante solo en parte, y el ritmo de renovación de personal técnicamente preparado es un problema persistente para muchos Servicios Meteorológicos. En los primeros años de la década de 1980, la CSB llevó a cabo el Estudio de Sistemas Integrados, para valorar el desarrollo global de la VMM y priorizar su ejecución de tal forma que se optimizara el efecto sobre el sistema integrado completo. Se desarrolló la componente de Gestión de Datos de la VMM del Sistema Básico para aportar ideas modernas tales como las bases de datos distribuidas y el intercambio de software entre Miembros. Estos pasos, entre otros, han contribuido en los últimos años a progresar hacia el cumplimiento del Plan.

El papel que han jugado las instituciones y los programas en el desarrollo de la VMM es un tema que merece un artículo aparte. El GARP tuvo la mayor influencia a través de un esfuerzo enfocado a desarrollar la ciencia y la tecnología para su aplicación a la predicción numérica del tiempo, y para diseñar y organizar experimentos de campo, centrándose en problemas meteorológicos específicos, a menudo utilizando sistemas de observación nuevos e innovadores. El Experimento del Atlántico Tropical del GARP (GATE) se puso en marcha en 1974 con los objetivos de ofrecer recursos de datos para comprender el efecto de los sistemas meteorológicos tropicales menores sobre la circulación a gran escala. Cinco años después, en 1979, el Experimento Meteorológico Mundial (FGGE) logró utilizar capacidades especiales de observación que, en conjunto, se aproximaban a la cobertura mundial que soñaron los planificadores de la VMM a principios y mediados de la década de 1960. El programa de observación integrada incluía:

- Una red ampliada de la VMM de estaciones de superficie y de aire en altura tanto en tierra como en barcos.
- Una constelación de cinco satélites geostacionarios y cuatro satélites de órbita polar que ofrecían una cobertura verdaderamente mundial del campo de viento derivado de las observaciones del movimiento de las nubes y perfiles verticales de temperatura.
- Un sistema de globos de superpresión que circulaban a latitudes altas en el cinturón tropical y que ofrecían datos en tiempo real a través de comunicaciones por satélite y un sistema buscador de situación (ARGOS).

- Observaciones de aeronaves de aerolíneas especialmente equipadas y un vuelo dedicado de aviones de reconocimiento que desplegaban radiosondas descendentes.
- El despliegue de boyas a la deriva a lo largo de todo el Océano Meridional utilizando el sistema ARGOS para las comunicaciones y la localización.
- Una flotilla de barcos de investigación equipados para tomar perfiles verticales de alta resolución del campo de viento de los trópicos.

Además, los programas regionales para estudiar los sistemas de circulación del monzón en Asia (MONEX) y en el oeste de África (WAMEX) se iniciaron a la vez que el FGGE para aprovechar los intensos recursos mundiales de observación y, a su vez, contribuir al esfuerzo mundial con mayores observaciones en sus regiones respectivas.

Estos programas de investigación fueron posibles gracias a la infraestructura mundial suministrada por el sistema de observaciones, comunicaciones y proceso de datos de la VMM. Muchos sistemas y técnicas desarrollados y desplegados durante los experimentos se han convertido en partes integrales de la misma VMM operativa. La visión de los primeros planificadores de una asociación complementaria entre el colectivo de científicos atmosféricos y el colectivo de meteorólogos operativos ha sido uno de los resultados destacados del programa. Sigue en la actualidad.

En las dos últimas décadas ha aumentado mucho la actividad comercial en el campo de los servicios meteorológicos. Este sector comercial incluye tanto empresas no gubernamentales, con un alcance potencialmente mundial, como componentes de algunos SMN. En el contexto de esta actividad comercial han aparecido problemas que amenazan la tradición de la VMM del intercambio internacional, libre y sin restricciones, de datos y productos meteorológicos. Después de un cuidadoso estudio, el Duodécimo Congreso Meteorológico Mundial aprobó la Resolución 40 (Cg XII), que establecía la política y la práctica de la OMM para el intercambio de datos y productos, así como unas directrices sobre las relaciones entre los SMN y el sector comercial. El desarrollo futuro de la OMM depende de la implantación efectiva de la política de intercambio de datos.

Es imposible cubrir en un artículo corto de forma adecuada los importantes hitos, logros y desafíos que ha experimentado la VMM a lo largo de los cuarenta últimos años. A continuación se ofrece un breve resumen de los que, según la opinión del autor, son los más importantes en el contexto de los tres componentes de la VMM.

El Sistema Mundial de Observación (SMO)

Sistemas espaciales

Como se trató anteriormente, los satélites meteorológicos siempre han sido uno de los elementos principales en el concepto y la ejecución de la VMM. El desarrollo del sistema de Transmisión Automática de Imágenes (APT) a principios de la década de los 60 ofreció a todos los Servicios Meteorológicos Nacionales la oportunidad de tener acceso directo a las imágenes en tiempo real de los satélites para sus aplicaciones de predicción y análisis. Hasta disponer de capacidades de comunicación de alta velocidad para transportar una serie mayor de datos de satélite, el sistema APT garantizó que todos los Servicios nacionales tuvieran acceso a la información en tiempo real de los satélites meteorológicos. La capacidad APT es un ejemplo sobresaliente de la aplicación de los conceptos básicos de la VMM.

El desarrollo progresivo del sistema espacial a partir de rudimentarios satélites de órbita polar, al principio de la VMM, hasta la actual configuración operativa de tres a cuatro sistemas de órbita polar y de cinco a seis satélites de órbita geoestacionaria, ha sido, tal vez, el mayor logro individual en nuestra capacidad para observar la atmósfera mundial y el océano. La valoración no sólo se basa en la cantidad de satélites sino también en la tecnología en continuo avance de los sistemas de medida y en la complejidad de la capacidad operativa. Los operadores de satélite han coordinado sus planes estrechamente con la VMM y el suministro de datos de satélites al sistema de la VMM ha sido un modelo de respuesta internacional a las necesidades de los usuarios. Aparte de la aplicación de imágenes visibles e infrarrojas para el análisis del tiempo, el impacto real de los datos de satélite sobre los análisis numéricos a escala mundial, regional y local se ha materializado lentamente. En la década de los 90, los principales centros de predicción numérica desarrollaron formas de asimilar los valores de radiancia observados por satélite en sus programas de análisis y esto ha empezado a incrementar el valor de los datos de satélite hasta el nivel que se había anticipado.

Los operadores de satélite buscan en la actualidad formas de garantizar que los datos de los sistemas experimentales se facilitan a los usuarios según los protocolos de la VMM. Como se ha demostrado en los experimentos GARP, la aplicación de datos nuevos en marcos operativos es con frecuencia la mejor prueba de su sólido valor.

Sistemas de observación desde superficie

Observación del aire en altura

Un problema persistente al que se enfrenta la VMM ha sido la creación y el mantenimiento de la red mundial de radiosondas. La evolución de los sistemas desde los

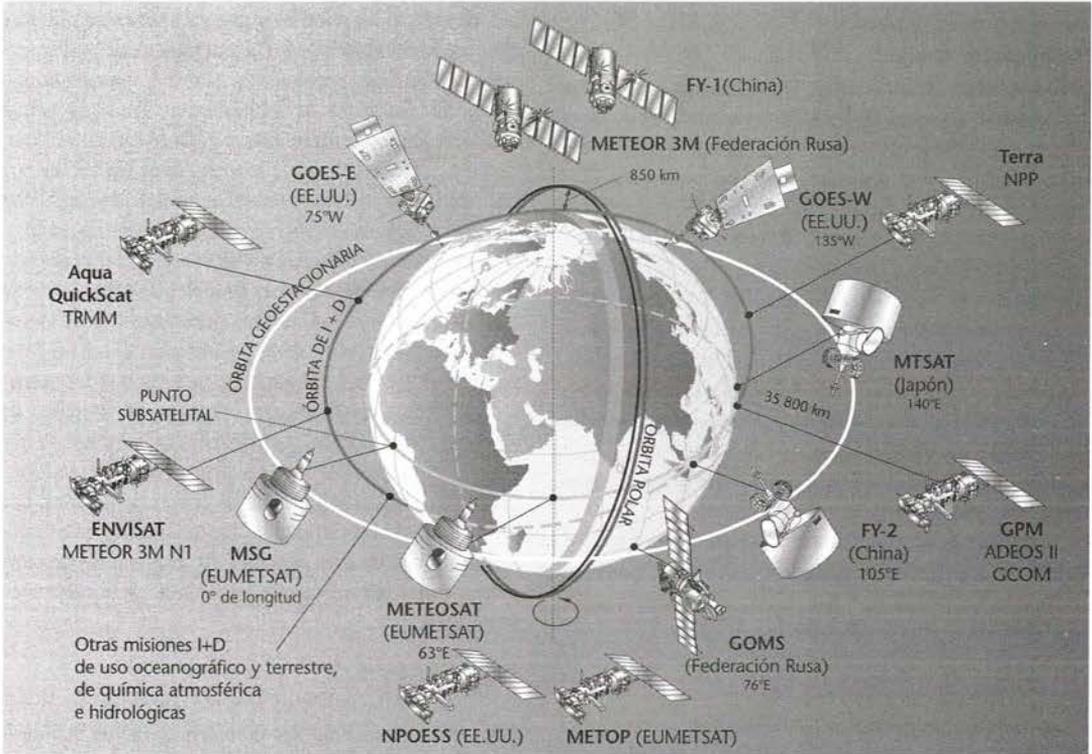
basados en radar a los basados en balizas de radio de ayuda a la navegación, y a los actuales que utilizan el Sistema de Posicionamiento Mundial ha producido una mejora continua en la calidad de los datos y en la facilidad del funcionamiento. Sin embargo, el alto coste del equipamiento y de los fungibles ha hecho que sea imposible alcanzar la red mundial ideada. Se ha obtenido alguna compensación mediante la utilización de sistemas de radar de exploración vertical (perfiladores); mediante el uso de sistemas modernos de aviónica en aerolíneas comerciales, ofreciendo datos en el ascenso y el descenso y también en el nivel de vuelo; y por la capacidad mejorada de sondeo desde los satélites y el despliegue continuo de sistemas de observación en altura a bordo de barcos. La red de observación in situ del aire en altura seguirá siendo un problema importante al que se enfrenta la VMM. Los programas de investigación que utilizan aviones teledirigidos y distintos sistemas de globo parecen prometer ayuda para alcanzar la densidad y la cobertura necesarias.

Redes de superficie

Dos importantes avances han caracterizado la evolución de las observaciones meteorológicas en la superficie de la Tierra. La primera es el desarrollo de tecnologías automáticas de observación meteorológica que han permitido el uso más eficaz del personal y el despliegue de sistemas de observación en localizaciones más remotas. El segundo avance ha sido la gran mejora de las observaciones sobre el océano. Los acuerdos de cooperación entre el COI y la VMM de la OMM, que condujeron a la implantación del sistema SGISO, fueron la primera etapa en el cumplimiento de los requerimientos para la cobertura de datos sobre el océano. El desarrollo y despliegue de sistemas de boyas a la deriva y ancladas por todos los océanos del mundo, con adquisición de datos y situación facilitadas por sistemas satelitales, ha mejorado enormemente la cobertura de las observaciones.

Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT)

Históricamente, el SMT funcionaba en tres ámbitos: (a) la Red Principal de Telecomunicaciones: un circuito de alta velocidad que conectaba los Centros Mundiales y que se ramificaba en centros regionales de forma que todas las regiones estaban conectadas de forma eficaz al sistema mundial; (b) las Redes Regionales de Telecomunicaciones Meteorológicas; y (c) las Redes Nacionales de Telecomunicaciones Meteorológicas. A lo largo de los años, el programa del SMT ha progresado desde el sistema original de "almacenamiento y envío" con su mezcla de equipos automáticos y manuales que necesitaban un esfuerzo intenso de gestión y que



Los satélites meteorológicos están proporcionando cada vez más datos a la Vigilancia Meteorológica Mundial

estaba sujeto a cortes y fallos, en especial en el ámbito regional, a un sistema que podría describirse como “mixto”, con algunas componentes nacionales y regionales que utilizan sistemas satelitales de dos sentidos “de puntos de dos direcciones a multipunto”, mientras que otros funcionan de forma tradicional. Algunos circuitos especialmente difíciles han utilizado la opción de Internet. El gran punto fuerte del SMT de la VMM es que permite que los Miembros interesados determinen las conexiones de telecomunicaciones entre Miembros, dentro, y entre Regiones, con tal de que se satisfagan los compromisos y protocolos internacionales de intercambio, según se establece en las Reguleaciones Técnicas de la OMM. La CSB examina constantemente el SMT y es prioritaria la planificación para mejorar el sistema mundial para aprovechar los cambios revolucionarios en la tecnología de las comunicaciones, a la vez que se garantiza que todos los Miembros reciben la información meteorológica que necesitan.

Sistema Mundial del Proceso de Datos (SMPD)

El Plan original de la VMM se centraba en la creación de tres Centros Meteorológicos Mundiales (CMM) y anticipaba que pudieran surgir numerosos Centros Regionales (CMR). El concepto operativo era que los CMM realizaran la tarea de recoger información, como

campos de salida de modelos globales de predicción numérica y su interpretación, para que la utilizaran los distintos CMR que, a su vez, añadirían un nivel de más detalle para apoyar a los Centros Meteorológicos Nacionales (CMN) en sus responsabilidades en el suministro de servicios. A lo largo de los años, las contribuciones de investigación de los principales programas de campo como el FGGE y el desarrollo de importantes centros de modelización (como el CEPMP de Europa y el GFDL y el NCAR de los EE.UU. y de importantes programas de investigación en instituciones académicas y de investigación de todo el mundo) fueron importantes para ampliar la definición y el papel del SMPD de la VMM. Se hizo operativa la predicción numérica del tiempo desde las escalas continentales y subregionales a las mesoescalares. La estructura del SMPD evolucionó y en la actualidad hay unos 25 Centros Meteorológicos Regionales Especializados (CMRE) con especialización geográfica. Estos centros ejecutan una serie de modelos y de análisis especialmente diseñados y ajustados para ofrecer consejos de predicción para una zona topográfica u oceánica particular, utilizando a menudo fuentes de datos de naturaleza local o regional, p. ej., datos de radar. Además, hay seis CMRE responsables de la predicción de ciclones tropicales y ocho CMRE responsables de la modelización del transporte. La última categoría tiene la res-

ponsabilidad regional de ofrecer productos del modelo de transporte atmosférico para respuestas a emergencias medioambientales en el caso de accidente nuclear, erupción volcánica y otras emergencias. Además, varios CMRE elegidos ofrecen predicciones meteorológicas de medio plazo, control y predicción de sequías y predicciones de plazo largo y ampliado. Unos treinta y dos CMN adicionales poseen cierto nivel de capacidad de predicción numérica, que varía desde modelos globales completos a modelos de área limitada y a modelos de mesoescala de resolución más alta.

Los destacados avances en las técnicas de asimilación de datos en modelos y en los procedimientos para procesar las salidas del modelo, tales como esquemas de predicción por conjuntos, que permiten alcanzar objetivamente el mejor resultado de predicción posible, siguen incrementando la precisión y la utilidad de los productos de predicción numérica.

La mejora continuada tanto de la precisión como del alcance temporal de las predicciones meteorológicas da testimonio del progreso en la ejecución del sistema de la VMM como un conjunto, y también en el desarrollo de las ciencias atmosféricas en general y de la predicción numérica en particular. En la actualidad las predicciones a cinco días tienen mayor precisión que las de a dos días en la década de 1970 y la predicción de episodios extremos, tales como la aparición, la intensidad y la trayectoria de los ciclones tropicales, también muestra una importante mejoría.

El archivo sistemático de datos meteorológicos a lo largo de los cuarenta años de historia de la VMM ha permitido a las instituciones centradas en la investigación, a los Centros Meteorológicos Mundiales y a algunos CMRE llevar a cabo lo que se conoce como "reanálisis". En él se aplican a todo el registro histórico de datos las técnicas de análisis numérico más sofisticadas, ofreciendo un conjunto físicamente consistente de análisis que abarcan todo el período de registros. Esta poderosa herramienta tiene su aplicación en los estudios de circulación general, en la investigación de la predicción meteorológica a largo plazo y en los estudios climáticos.

Resumen

Hace cuarenta años, la Vigilancia Meteorológica Mundial se concibió como un sistema mundial integrado de observaciones meteorológicas, telecomunicaciones y equipos e instalaciones de proceso de datos y de actividades de apoyo que unían a todos los países del mundo para ayudar a los Servicios Meteorológicos Nacionales en su tarea de suministrar servicios a sus gobiernos y a sus pueblos. Estaba compuesta de equipos, instalaciones y servicios nacionales que poseían y hacían funcionar los Servicios Meteorológicos Naciona-

les de los Miembros individuales de la OMM. Se coordinaba y regulaba a través de la OMM, al igual que los Programas de Cooperación Técnica y de Enseñanza y Formación Profesional asociados. El funcionamiento de la empresa se basaba en el concepto fundamental de que cada Miembro de la OMM (185 en 2002) se compromete, según sus medios, a satisfacer ciertas responsabilidades en el programa mundial acordado de forma que todos los países puedan beneficiarse de los esfuerzos consolidados.

El desafío establecido hace cuarenta años ha producido una historia exitosa y única de cooperación y oportunidades internacionales. El sistema básico de la VMM se ha convertido de muchas formas en el servicio operativo "central", no sólo para la predicción meteorológica, sino también para todos los programas de la OMM y también para muchos programas internacionales de otras agencias. Comprender el clima y el cambio climático, la reducción de desastres naturales y la respuesta a ellos y la protección medioambiental son solo tres ejemplos de una lista creciente de programas más amplios. Podemos esperar que en los próximos años se produzca un avance tecnológico todavía más rápido, y también podemos esperar que se pidan más requisitos a los sistemas básicos por parte de los programas de ciencias terrestres más integrados. El sistema flexible y en evolución que se concibió originariamente sigue ajustándose y acomodándose a estas nuevas demandas de la actualidad. Se espera que los futuros Congresos de la OMM tengan la misma previsión y la misma visión de futuro que las exhibidas hace 40 años, permitiendo que la OMM ofrezca el estímulo, el liderazgo y la cooperación que han sido el sello de la Vigilancia Meteorológica Mundial.

Referencias

- [1] WMO, 1990. Sir Arthur Davies (Ed.). Forty Years of Progress and Achievement, A Historical Review of WMO.
- [2] WMO, 1996. Severre Pettersen, WWW Planning Report No. 5. *Research Aspects of the World Weather Watch*.
- [3] WMO, 1962. *First Report of the WMO on the Advancement of Atmospheric Sciences and Their Application in the Light of Developments in Outer Space*.
- [4] WMO, 1963. *Second Report of the WMO on the Advancement of Atmospheric Sciences and Their Application in the Light of Developments in Outer Space*.
- WMO, 1964. *Third Report of the WMO on the Advancement of Atmospheric Sciences and Their Application in the Light of Developments in Outer Space*.
- WMO, 1965. *Fourth Report of the WMO on the Advancement of Atmospheric Sciences and Their Application in the Light of Developments in Outer Space, WWW-Phase I*.
- WMO, 1966. *Fifth Report of the WMO on the Advancement of Atmospheric Sciences and Their Application in the Light of Developments in Outer Space, WWW-Phase II*.