

haciendo. Mi esposa tiene sus propios intereses, pero tenemos algunos en común: uno de ellos es nuestra pasión por el mar; ambos queremos vivir lo más cerca del mar y, además, nos gusta la buena comida; en este punto nuestras responsabilidades están estrictamente divididas, ¡ella cocina y yo como!

H.T. — Muchas gracias por concederme esta entrevista de tanto interés y grandes dosis de humor. Estoy seguro que sabrá disfrutar al máximo de la vida durante muchos años. □

LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO EN EL SIGLO XXI

RESUMEN DE LA NOVENA CONFERENCIA DE LA OMI A PRESENTAR
ANTE EL DECIMOTERCER CONGRESO METEOROLÓGICO (MAYO, 1999)

Por Gordon A. McBEAN*

La atmósfera como un campo común global

Los últimos años del siglo XX nos han dejado un legado de fenómenos extremos; los huracanes, tornados, temporales de invierno, inundaciones y demás fenómenos continúan teniendo un efecto devastador a lo largo del mundo, con resultados trágicos para la vida humana. Durante 1998 se alcanzaron unas pérdidas económicas récord a nivel mundial asociadas a desastres naturales, valoradas en casi 90 billones de dólares, algo que representa un incremento aproximadamente del 50 por ciento sobre la cantidad alcanzada anteriormente en 1996.

En la búsqueda de un mejor bienestar humano y de un crecimiento económico, los gobiernos están reconociendo que el tiempo, el clima, la calidad del aire y otros factores medioambientales están cobrando cada vez una mayor importancia para la toma de decisiones tanto a nivel individual como gubernamental. Conforme entremos en el siglo XXI recibiremos una mayor presión de la demanda de servicios y avisos de los cambios atmosféricos a distintas escalas de tiempo que pueden variar entre minutos y décadas. Estos servicios irán mucho más lejos que las predicciones meteorológicas diarias y serán elementos importantes para una amplia variedad de planes y decisiones destinadas a la protección de la

salud humana, a la mitigación de desastres y al desarrollo económico. En este contexto, nos enfrentaremos a una serie de "problemas" meteorológicos no tradicionales que requerirán nuevas predicciones y servicios.

En este artículo, me centraré en el período 2010-2030, que aunque se encuentra más allá del ciclo de planificación típico de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) no está demasiado lejano. En él, además de las futuras tecnologías destinadas a las predicciones y a las observaciones, evaluaré las políticas que influirán en estos cambios.

Propulsores del cambio

Socioeconómicos y políticos

La predicción de la evolución de las fuerzas políticas, sociales y económicas que nos afectarán son en cierto sentido más difíciles de predecir que el cambio del clima.

Los países mantienen los servicios militares, policía y bomberos con el objeto de proteger a sus ciudadanos de los peligros inminentes como actividades fundamentales de "beneficio público". La prevención a los ciudadanos sobre los fenómenos meteorológicos adversos es claramente un tipo de beneficio público. La infraestructura que posibilita un sistema de avisos de tiempo adverso, es también responsable de la capacidad de elaborar predicciones meteorológicas públicas, así como otras predicciones medioambientales.

* Servicio Atmosférico y Medioambiental, Medio Ambiente Canadá, Toronto, Canadá.

El constante crecimiento y urbanización de las poblaciones, las convierten en cada vez más vulnerables a los fenómenos meteorológicos adversos; los ciudadanos esperan un elevado nivel de protección y se mostrarán críticos cuando esto no ocurra. Es nuestra obligación desarrollar la capacidad de transmitir estos servicios de una forma eficiente, a través de programas meteorológicos públicos, así como jugar un importante papel en el desarrollo de las diferentes agendas sociales. La relación entre las necesidades y expectativas de la población, los SMHN y la OMM serán un reto creciente para el futuro.

En todo el mundo, los gobiernos adoptarán diversos enfoques para enfrentarse a los temas sociales y económicos relacionados con el tiempo, el clima y la calidad del aire. Entre los factores que harán más complejo el ámbito de actuación debido a la continua expansión de los servicios meteorológicos de mercado, se encuentran las organizaciones del sector privado, tanto a escala nacional como internacional. Nuestro gran reto será mantener nuestra coordinación y cooperación internacional dentro de un marco cambiante; por otra parte, nos enfrentamos a la necesidad de desarrollar respuestas adaptables y flexibles que se ajusten a la diversidad de los cambios; con este fin la OMM y los SMHN se encuentran ante la necesidad de hallar mecanismos para una mejor cooperación y coordinación con los sectores no gubernamentales, tanto con los suministradores de servicios como con los medios de comunicación.

La ciencia

Los avances científicos en el entendimiento y predicción del sistema acoplado atmósfera-tierra-agua han llevado a grandes mejoras en la capacidad predictiva durante las últimas décadas. Es de esperar que estas tendencias sigan en una línea similar a través de, por ejemplo, el Programa Mundial de Investigación Meteorológica y del Programa de Predicción y Variabilidad del Clima. Basándonos en el éxito de los antecesores de estos proyectos, podemos estar seguros de que se obtendrá un progreso significativo. Es necesario también, que los países continúen con la contribución a tales programas y que colaboren con, entre otros, la OMM y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, así como

con el Consejo Internacional para la Ciencia, para de esta forma asegurar el éxito.

Los últimos desarrollos de la predicción numérica muestran que los sistemas de predicción del medio ambiente físico en su totalidad parecen ser cada vez más factibles. Los modelos atmosféricos tratarán la atmósfera desde la capa superficial hasta una altura superior a la estratosfera y se acoplarán dinámicamente a los océanos, la criosfera y a la superficie terrestre. En estos momentos, se encuentran en proceso de desarrollo en varios países prototipos de sistemas de asimilación de datos y predicción, que incorporan todos estos elementos, así como también el transporte químico. Estos modelos serán menos costosos en términos relativos debido al avance continuado de la tecnología informática; como resultado, será posible disponer de sistemas de predicción medioambiental más completos, que integren los conocimientos de múltiples disciplinas.

La tecnología

Durante los últimos 50 años el cambio tecnológico experimentado ha sido espectacular, y además, es de esperar que se mantenga el ritmo de cambio durante el próximo siglo. No obstante, la tecnología ha sido un arma de doble filo, ya que resuelve algunas dificultades a través de la consecución de unos servicios más avanzados, por ejemplo, telecomunicaciones, predicción numérica y sistemas de observación automática, integrando las nuevas tecnologías con las viejas, pero también ha supuesto grandes retos para el mantenimiento de las redes y el intercambio internacional de datos y productos.

Los sistemas espaciales, así como otros sistemas de teledetección (por ejemplo, radares Doppler y de apertura sintética, perfiladores de viento, sondeos pasivos por microondas) presentan unas perspectivas muy interesantes. Se debe considerar, sin embargo, que los requisitos para la investigación y el desarrollo, la planificación y, finalmente, la ejecución de estos sistemas es una empresa enorme, a menudo bastante mayor que la capacidad con la que cuenta cualquier SMHN. Las grandes inversiones de capital en las instalaciones existentes y en equipamiento, al igual que la evaluación de las nuevas tecnologías, requerirá un cambio progresivo más que precipitado en nuestras redes de observación.

Paralelamente a los avances de nuestros conocimientos científicos y a nuestra capacidad de modelizar, también se observará una rápida evolución tecnológica en el campo de la informática.

La globalización de las telecomunicaciones ofrecerá una serie de oportunidades conforme dé comienzo una nueva era de las comunicaciones basadas en satélite a principios del siglo XXI; los sistemas de satélite que orbiten a baja altura podrán prestar servicios de comunicaciones eficientes y de bajo coste casi con independencia de la infraestructura nacional; esto nos lleva a todos a un continuo control y evaluación del Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la OMM.

Este cambio tecnológico está provocando una rápida expansión de las posibilidades de difundir la información; aunque la radio, televisión y prensa escrita continuarán siendo los vehículos, el WWW así como los sistemas especiales para clientes, como es el caso de los teléfonos celulares directos al cliente, son un medio para el flujo de información interactiva. Los avances en las telecomunicaciones permitirán que los productos de predicción gráfica de alta resolución eclipsen a los actuales productos basados en textos, y que además sean distribuidos a una amplia variedad de plataformas desde ordenadores hasta equipos de comunicación portátiles personales.

Los socios y las alianzas

Los SMHN han trabajado bien juntos a nivel internacional: ésta es nuestra mayor fuerza. La evidencia sugiere que las alianzas entre los SMHN crecerán tanto a nivel regional como internacional. En estos momentos, podemos citar algunos ejemplos existentes como son los grupos de expertos internacionales que trabajan en la futura composición de los sistemas de observación mundial, EUMETSAT, y la cooperación necesaria para poner en marcha redes a gran escala, tales como las previstas en el proyecto Clima Iberoamericano.

Los SMHN tendrán una interacción más amplia con, por ejemplo, el mundo académico, las secretarías de instituciones emergentes de los acuerdos medioambientales multilaterales, como lo es el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Mundial. Además de esto, el futuro dará lugar al desarrollo de un variado número de alianzas entre diversos

socios, particularmente la prensa y los sectores de la información tecnológica. El papel relativo de las organizaciones nacionales e internacionales en la distribución de la información a los ciudadanos y a los países es un tema de importancia en la actualidad y además, continuará teniendo una gran sensibilidad política. Por último, no se puede desdeñar la importancia que tendrá el WWW.

En mi opinión, a corto plazo se producirá una mayor colaboración en las actividades de observación, investigación, informática así como en el campo de las telecomunicaciones.

El tiempo y los sistemas de predicción medioambiental en los 2010-2030

Es posible extender la experiencia de la predicción meteorológica a la predicción medioambiental física, abarcando a la atmósfera, la tierra, la superficie, el ciclo hidrológico, la criosfera y los océanos, junto con los elementos químicos y bioecosistemas. Los SMHN no deberían tener ningún reparo en ampliar sus actividades a estos campos. Existe suficiente base científica, así como los suficientes procedimientos operativos en nuestras organizaciones nacionales e internacionales para apoyar este desplazamiento.

En muchos países, a través de los SMHN, ya se ha comenzado a andar en esta nueva dirección; justo en el mismo momento en que el horizonte de las predicciones meteorológicas sea más amplio, en el siglo XXI, los SMHN tendrán la oportunidad de convertirse en organizaciones que adviertan y avisen a sus ciudadanos y gobiernos acerca de los cambios en una escala temporal adecuada que variará entre minutos y décadas; por ejemplo, advertencias de minutos para tornados; días para temporales de invierno y episodios de contaminación del aire; semanas para inundaciones o sequías; y décadas para las variaciones del clima.

El sistema de predicción para el período 2010-2030, formado por las observaciones, las predicciones y los sistemas de difusión, y apoyado por la investigación y el desarrollo, se encontrará más integrado que en la actualidad; los sistemas de observación responderán mejor a las necesidades cambiantes de los sistemas de predicción, los cuales, a su vez, responderán en tiempo real a la transmisión e interacción con los ciudadanos y clientes. La necesidad de un mayor flujo de información se

verá facilitada a través de sistemas globales de telecomunicaciones por satélite.

Los sistemas de observación integrados

En el futuro se contará con un *sistema de observación integrado*—una red optimizada y diseñada para proporcionar una extensa serie de datos atmosféricos, hidrológicos, tierra-superficie y oceánicos para responder a las crecientes necesidades de los diversos sectores de clientes. Este sistema, estará formado por un amplio número de plataformas de observación para registrar parámetros comunes e integrarlos en una variedad de sistemas de exposición y análisis; esto supondrá que la dependencia actual de los sistemas individuales de observación será mucho menor. Los campos derivados serán expuestos de acuerdo a los requerimientos de las distintas aplicaciones.

Un importante reto al que nos enfrentaremos será la gestión internacional del despliegue de sistemas especiales de observación centrados en los sistemas climáticos o en el tiempo específico (por ejemplo, las observaciones “tácticas” del desarrollo de las tormentas o de redes para el control del clima mundial). Desgraciadamente, los sistemas de observación de superficie, tanto de tierra como de los océanos, serán de una calidad y cantidad muy variada, algo que exigirá una continua necesidad de asistencia mutua para resolver algunos temas.

El objetivo del sistema integrado de observación será registrar, procesar y presentar una descripción completa en cuatro dimensiones del estado del medio ambiente físico en todas las localidades, en lugar de, como en la actualidad, presentarlo solamente donde se encuentran los sensores. Es posible esperar grandes cambios en los sistemas de asimilación de datos y, en particular, en la forma de empleo de los datos de control remoto y de los datos con una frecuencia temporal superior. El desarrollo de la asimilación de los datos en cuatro dimensiones supondrá una enorme ventaja, debido a que la información de cada observación será distribuida en el tiempo y en el espacio, utilizando el modelo mismo.

Los sistemas de predicción

Se prevén unas perspectivas muy prometedoras para los sistemas de predicción

en los próximos 30 ó 40 años; estos modelos ampliarán los límites actuales de predictibilidad, proporcionando una capacidad de predicción de hasta dos semanas, con una precisión comparable a las actuales para cuatro o cinco días. Se ampliará el uso de los procedimientos de la predicción que serán aplicados para predicciones a corto y medio plazo, así como para predicciones estacionales y de más larga duración. Además, conforme aumente de forma continuada la información referente a los océanos, ésta se utilizará con el fin de producir unas predicciones oceánicas a una escala más global, así como para facilitar unas condiciones de contorno más precisas para las predicciones atmosféricas. La inclusión de un mayor número de observaciones exactas, así como modelos del ciclo hidrológico, conducirá a unas predicciones de mayor calidad de las precipitaciones, del caudal de los ríos y de la humedad del suelo. Las predicciones de gran precisión de los vientos, temperaturas, etc., darán lugar a predicciones de tiempo adverso con varios días de anticipación que permitirán facilitar avisos con una antelación significativa a poblaciones específicas, reduciendo así las pérdidas de vidas y de propiedades.

Estos modelos sólo alcanzarán su máximo potencial si los investigadores y los predictores realizan un trabajo conjunto. Los predictores identificarán las prioridades y los vacíos existentes, y los investigadores les ayudarán a comprender los modelos y a mejorar la ciencia, lo que será un proceso científico de aprendizaje continuo en dos direcciones.

Los países deberán analizar las posibilidades de elegir entre los centros de predicción nacionales o regionales y los multinacionales. A este respecto cabe subrayar que, durante más de 20 años el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Medio Plazo ha demostrado ser el líder en las predicciones meteorológicas a medio plazo. Asimismo, un ejemplo sería el Instituto Internacional de Investigación para la Predicción del Clima, que se ha centrado en las predicciones del clima interanuales relacionadas con el fenómeno de El Niño. Será importante el mantenimiento de un balance entre las iniciativas y prioridades nacionales e internacionales. En las próximas décadas será más compleja la coordinación y la cooperación internacional, lo que constituirá todo un desafío para nuestras instituciones.

La difusión y la utilización de la información medioambiental

El público y nuestros clientes jugarán un papel cada vez más importante en la determinación de los medios de distribución, del nivel de utilidad, así como en la garantía de calidad de los productos, basada en sus necesidades de información. Esperamos ver una mayor cohesión entre los productores de la información medioambiental, sus usuarios finales y los encargados de la toma de decisiones políticas.

Por ejemplo, la mayor comprensión por parte de los SMHN de las necesidades de los usuarios, implicará el diseño de productos ajustados a los requerimientos y al criterio de las decisiones proveniente de los diversos sectores; esto dará como resultado, unas predicciones por ejemplo, del clima o de la calidad del aire, con unas características definidas por los propios usuarios. Asimismo, los clientes y el público demandarán un cierto nivel de ejecución (por ejemplo, nivel de precisión, distribución a tiempo, predicciones de umbrales), que se basará tanto en los requerimientos para la toma de decisiones como de la ciencia. Es muy probable además, que se exija que estas predicciones incluyan una manifestación de la "confianza del predictor", que tenga en consideración el estado actual de control/asimilación de datos-análisis.

Nuestra actuación requerirá un compromiso de entrega de servicios de calidad, junto con mecanismos basados en la retroinformación de los clientes; esto se verá reflejado en una serie de acciones, incluyendo el compromiso por parte del gobierno y de sus instituciones de asumir una mayor responsabilidad:

- Como líder de la información tecnológica.
- Para asegurar la disponibilidad de la información esencial a los ciudadanos.
- Para mejorar la enseñanza pública, su nivel de concienciación para responder ante situaciones de tiempo adverso, emergencias medioambientales y otras informaciones medioambientales.
- Incorporar el uso de nuestra información en la toma de decisiones en diversas escalas temporales por parte de los responsables políticos.

Será nuestra responsabilidad también, encontrar formas eficientes para sintetizar la

información, comunicarla de manera clara y asegurarse de que la interpretación llevada a cabo por el cliente de nuestros productos es la correcta. Todo esto conllevará estar atentos a la posible sobrecarga de información a nuestros clientes, pero asegurándose a la vez de que el papel de los SMHN (o del servicio de predicción medioambiental), es entendido y además, recibe el reconocimiento adecuado.

El personal

El apoyo a los programas científicos supone el beneficio adicional de desarrollar los conocimientos del personal de los SMHN para aprovechar las oportunidades futuras; lo más importante de esta visión de futuro es la necesidad de invertir en nuestro personal. Por otra parte estoy seguro de que coincidirán conmigo en que el papel de los predictores ha sufrido un cambio radical; sus requisitos y conocimientos van mucho más lejos de los límites de la meteorología.

Las tendencias actuales señalan que la demanda de personal centrado estrictamente en tareas operativas va a disminuir, mientras que las necesidades de personal para atender las consultas, el marketing y otras funciones relacionadas con los clientes parece aumentar. A pesar de que se seguirá necesitando un grupo de personas con un conocimiento profundo de algunas materias especializadas, como es el caso de la física, química, ingeniería, biología, geología, hidrología y meteorología, conforme la ciencia se acerca a los clientes, nuestro personal se verá en la necesidad de adaptarse a un medio interdisciplinario. En la actualidad, todos los Directores de los SMHN están trabajando para revitalizar el personal y buscan medios para rejuvenecer sus plantillas. Entre las innovaciones referentes a los recursos humanos en el futuro se incluye:

- Estimular los planes de aprendizaje individuales.
- Incrementar la movilidad.
- Promocionar un ambiente laboral más saludable y productivo.
- Contratación estratégica y formación interdisciplinaria.

En mi opinión, a medida que el conocimiento se desarrolle en nuestras sociedades, habrá una mayor movilidad entre

el ambiente académico, el sector privado y las instituciones, como es el caso de los SMHN implicados en las predicciones medioambientales. Este entramado de ideas y disciplinas desembocará en un período de increíbles innovaciones en los campos de la meteorología aplicada y la hidrología.

La gente, es decir, nuestro personal, es quien hace que nuestro sistema funcione. Es precisamente por ello, que existe la necesidad de que los programas de enseñanza y formación continuada sean planificados desde ahora, para de esta manera tener un personal motivado de alta calidad y así poder beneficiarnos en las próximas décadas.

Observaciones finales

En los próximos 20 ó 30 años y posteriormente, se presentará una etapa llena de retos para nuestros meteorólogos, hidrólogos, tecnólogos e investigadores. Las oportunidades para proporcionar nuevos servicios a nuestros ciudadanos son

abundantes. Los requisitos para poder materializar estas oportunidades son:

- Un mandato claro y estable que haga un gran hincapié en los bienes públicos.
- Unos sistemas de observación integrados.
- Una comunicación más estrecha entre los predictores y los investigadores.
- Una clara identidad nacional, que incremente la moral y la actuación.
- Asociaciones estratégicas entre la ciencia, la tecnología y la difusión.

Depende de nosotros mismos tener la visión de futuro para tomar las decisiones, y emprender las acciones ahora, para hacer que estas oportunidades se hagan realidad. Para la OMM y para la comunidad de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales que la forma, esta situación presentará grandes retos en el ámbito de la cooperación internacional a medida que continuemos encontrando caminos para incrementar nuestras capacidades en todos los países. □

EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Por JOHN W. ZILLMAN*

Resumen

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es un componente fundamental de la infraestructura nacional de todos los países. Su objetivo básico es ejercer las responsabilidades de los gobiernos en contribuir a la seguridad y al bienestar general de sus ciudadanos, en asegurar la recopilación y custodia de registros históricos climáticos nacionales fiables, que sean de utilidad para las generaciones futuras, y en cumplir con las obligaciones internacionales esenciales derivadas del Convenio de la Organización Meteorológica Mundial. A pesar de que el papel esencial del

SMN ha sido ampliamente comprendido y valorado por las comunidades nacionales, estudios recientes asociados a la ejecución de planes alternativos para la provisión de diversos servicios, que hasta ahora habían sido financiados y suministrados por el sector público, han puesto de relieve la necesidad de definir claramente la razón fundamental, el marco legal y el *modus operandi* del SMN con el fin de asegurar la toma de decisiones respecto a futuros proyectos de infraestructuras, operatividad y provisión de servicios meteorológicos a nivel nacional e internacional.

Introducción

Dos de las obligaciones fundamentales aceptadas por los gobiernos a lo largo de los años han sido la de garantizar la seguridad y el bienestar de sus ciudadanos y la de recopilar y

* Director del Departamento Australiano de Meteorología y Presidente de la OMM.

Los puntos de vista expuestos en este artículo pertenecen al autor, y no se corresponden necesariamente con los del Gobierno Australiano o con los de la OMM.