

# La Vigilancia Meteorológica Mundial dentro de diez años

*Una visión de dónde podríamos o deberíamos estar dentro de una década*

Por Robert R. BROOK\*

26

Es muy importante que la comunidad meteorológica piense en la pregunta “¿Cómo será la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) dentro de 10 años?” En la actualidad la meteorología está atravesando un período de cambio incomparable, con consecuencias que determinarán el futuro de la VMM. El cambio no tiene precedentes debido a la confluencia de muchos factores, entre los que se incluyen:

- El rápido avance en la ciencia y la tecnología.
- El creciente interés por el cambio climático y la variabilidad del clima y la necesidad de predicciones estacionales e interanuales.
- El crecimiento y la maduración del sector privado en nuestra comunidad meteorológica.
- Las mayores expectativas de los usuarios de datos y de productos meteorológicos.
- Las actitudes cambiantes de los gobiernos en cuanto a sus papeles de bien público y a sus responsabilidades.
- La creciente diversidad en la forma en que se estructuran y funcionan los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN).

En este artículo, se han hecho suposiciones sobre el entorno de la meteorología mundial para los próximos 10 años. Cualquier juicio erróneo sobre las mismas podría tener profundos efectos en las predicciones sobre la VMM. Al tratar de ver el futuro, el mejor punto de partida suele ser el pasado.

La década de 1950 y los primeros años de la de 1960 fueron una línea divisoria para la meteorología, producida por la convergencia de varias corrientes distintas que engendraron la VMM:

- El conocimiento científico de la atmósfera (su dinámica de fluidos, la física de nubes, los procesos de transferencia, la capa límite, las propiedades de la radiación y sus interacciones con el océano y con la superficie terrestre) habían avanzado hasta el punto de que la meteorología podía situarse, de forma realista, sobre una base científica sólida;

- los ordenadores habían evolucionado hasta un punto en el que eran lo bastante potentes como para procesar las inmensas cantidades de datos que se necesitaban para realizar los cálculos complejos que demandaban estos avances científicos;
- se identificaron y solucionaron los problemas matemáticos que arruinaron las primeras predicciones numéricas del tiempo de Richardson;
- las tecnologías, en particular en los sistemas de observación, ofrecían datos nuevos y de gran calidad: sobre todo, los satélites meteorológicos dejaban entrever su potencial;
- los desarrollos en las telecomunicaciones ofrecían nuevas oportunidades para la recogida de datos y la distribución de productos; y
- se reconocían los beneficios completos que podía aportar la meteorología a una gran serie de aplicaciones sociales y económicas.

La razón por la que la VMM ha tenido tantísimo éxito a lo largo de las décadas no ha sido sólo la capacidad de la infraestructura y de la ciencia y la tecnología subyacentes, sino también la capacidad para satisfacer las necesidades genuinas de los SMHN.

Así que cuando, hace unos años, la OMM preparó su Quinto Plan a Largo Plazo (2000-2009) pudo definir el fin del Programa de la Vigilancia Meteorológica Mundial como sigue:

*Facilitar el desarrollo, el funcionamiento y la mejora de un sistema mundial de proceso e intercambio de datos y de observación, para datos meteorológicos y afines, información, productos y servicios, y garantizar que los SMHN de cada uno de los Miembros tengan acceso a la información que necesitan para suministrar servicios eficaces.*

Esto fue, esencialmente, la declaración de la exitosa madurez de la VMM y una confianza en su futuro. La piedra angular de este éxito ha sido la buena voluntad de los Miembros que han apoyado completamente la VMM y la relevancia de la VMM para las operaciones de los SMHN de los Miembros.

Cuando nació, hace 40 años, el Programa de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) fue una idea para la que había llegado el momento. Ahora es una

\* Oficina de Meteorología, Melbourne, Australia

entidad madura e institucionalizada. Esto lleva a la pregunta: de aquí a 10 años, ¿habrá pasado su momento? En la actualidad, se asume que el fin de la VMM, como se estableció en el Quinto Plan a Largo Plazo, seguirá siendo válido y los Miembros seguirán con su compromiso.

Vivimos en un mundo que cambia rápidamente. Los gobiernos vuelven a fijar sus responsabilidades y la forma de cumplirlas. El sector no gubernamental ofrece servicios que antes eran dominio del gobierno. Sin embargo, en este clima, sigue siendo poco probable que los gobiernos abroguen aquellas responsabilidades relacionadas con la seguridad de sus ciudadanos y el bienestar económico nacional a las que dan respuesta sus SMHN. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha cuestionado el espíritu de cooperación internacional y la motivación de bien público que apuntalan la VMM. Las presiones para que se produzca un cambio, tanto desde dentro como desde fuera de los gobiernos, han sido implacables. La OMM ya ha tenido que prestar atención a algunos de estos cambios. Está claro que el concepto fundamental que apuntalaba la Carta de la OMM y que permitía a ésta estar tan segura de que los gobiernos ofrecieran prácticamente todos los servicios meteorológicos e hidrológicos, no puede seguir dándose por garantizado.

Estas dos incertidumbres —la continua pertinencia de la VMM y la cooperación y el apoyo continuados de los gobiernos de los Miembros— son fundamentales para la situación que ocupará la VMM dentro de 10 años. El fin de este artículo no es especular sobre estas cuestiones. Se asume, para los fines presentes, que la VMM seguirá siendo necesaria y que recibirá la cooperación y el apoyo internacionales.

### **¿Por qué nos hará falta la VMM?**

La VMM fue concebida originalmente para apoyar a los servicios meteorológicos operativos de los SMHN, en particular las predicciones públicas y los avisos, y para ayudar a las industrias de la aviación y marítima. A lo largo de los años, la VMM se ha convertido en parte integral de muchas actividades adicionales, no sólo de los SMHN, sino también de otras organizaciones. Dichas actividades incluyen la investigación meteorológica y la vigilancia y la predicción estacionales e interanuales del clima, el apoyo a las operaciones meteorológicas del sector privado y el suministro de otros



*La Vigilancia Meteorológica Mundial coordina los datos de observación de todas las partes del globo, incluidas zonas remotas y escasamente pobladas con regímenes climáticos violentos, tales como la Antártida.*

servicios en los que originariamente no se pensaba. Éstas continuarán multiplicándose y seguirán siendo importantes.

En el Sexto Plan a Largo Plazo, que se está desarrollando ahora, se encontrarán algunos consejos sobre las instrucciones de la VMM para finales de la década. El marco de ese Plan ofrece una visión amplia. Se está dando especial importancia a la necesidad de incrementar la eficacia de la OMM mediante: respuestas más rápidas a los desastres naturales, el acercamiento entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo en lo referente al suministro de servicios afines, y una movilización mejorada y más diversificada de los recursos. Claramente, la VMM puede contribuir a ello.

Una cualidad del Programa de la VMM, que originalmente no se anticipó, pero que puede demostrar ser su ventaja más valiosa y la razón más fuerte para su continuación, es el alcance y la calidad de los datos que genera la VMM. Estos datos forman ahora la base de la componente atmosférica del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). Es precisamente la cobertura espacial y temporal de estos datos y los procesos de control de calidad y de garantía de la calidad que ha utilizado la VMM en su recogida durante unos 40 años los que se necesitan para medir la variabilidad del clima y para detectar el cambio climático.

### **¿Qué hará la VMM?**

La estructura de la VMM ha cambiado a lo largo de los años y, sin duda, seguirá cambiando. Sin embargo, las funciones de los tres componentes centrales —la recogida de datos (el Sistema Mundial de Observación (SMO)), la distribución de datos y productos (el Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT)) y el proceso de datos, el análisis y el suministro de productos de predicción (el Sistema Mundial de Proceso de Datos

(SMPD))— tendrán que seguir de una u otra forma. Al igual que las dos funciones de apoyo —la Gestión de Datos (GDVMM) y la Actividad de Apoyo al Sistema (AASVMM)—.

En la actualidad, hay cinco programas complementarios —el Programa de Instrumentos y Métodos de Observación (PIMO), las Actividades satelitales de la OMM (ASOMM), el Programa de Ciclones Tropicales (PCT), las Actividades de Respuesta a Emergencias (ARE) y las Actividades Antárticas de la OMM—. Los dos primeros juegan un papel básico vital y continuo en el SMO y habrá que tenerlos en cuenta en nuestra visión para los próximos 10 años. Los otros tres cuentan con la VMM, esencialmente, para obtener datos, productos y para difundirlos. Por conveniencia, se asume que la VMM se adaptará a sus necesidades de una forma adecuada.

### El Sistema Mundial de Observación

Una cosa que se puede decir con seguridad, con respecto a las observaciones *in situ* y de teledetección, es que el tiempo entre la prueba del concepto de un sistema de observación y su aplicación operativa es, invariablemente, superior a 110 años. De esta forma, a menos que ahora mismo estén colocados correctamente sistemas prototipo muy avanzados, se puede estar seguro de que no formarán parte del SMO en los próximos 10 años. En otras palabras, se debe ser cauto al predecir cambios radicales en la forma de observar la atmósfera. Esto es doblemente cierto cuando se tienen en cuenta las necesidades tan precisas del SMOC.

Las tecnologías de teledetección, en especial las espaciales, han sido de las que han contribuido de forma más fructífera al SMO. Ningún sistema sencillo de observación ha tenido un efecto tan grande sobre el

SMO como los satélites meteorológicos. Su capacidad para ofrecer información sobre muchos parámetros básicos, tales como las nubes, las temperaturas de la superficie del mar, el viento, los perfiles de temperatura y de humedad y los componentes atmosféricos, con continuidad espacial y temporal sin par, no tiene precedentes. Basándose en este éxito, durante muchos años se ha especulado con que, en un futuro muy cercano, la teledetección desde el espacio podría ofrecer la mayor parte de los datos que necesita el SMO. Hay razones convincentes para tener mucho cuidado con estas afirmaciones. En primer lugar, estos sistemas no pueden alcanzar una precisión equivalente a la de los datos *in situ*. Por ejemplo, las radiosondas tienen una resolución vertical de unos 100 m, una resolución de temperatura de 0,1°C y de humedad de algunas unidades por ciento, casi un orden de magnitud mejor que los sensores satelitales más avanzados. En segundo lugar, sus datos no son compatibles con los registros de larga duración necesarios para la detección del cambio climático. En tercer lugar, hay problemas de movimiento y de calibración que, aunque se están tratando, perjudican la estabilidad de los datos a largo plazo. Por último, los instrumentos más avanzados se encuentran actualmente en etapa de prueba y a muchos años de las robustas necesidades operativas de la VMM.

Anteriormente, se ha evocado el problema del cuestionamiento de los gobiernos a la forma en la que hacen las cosas. Para los gobiernos, la perspectiva de un sistema de satélites que pueda observar todos los elementos meteorológicos podría ser una opción muy atractiva. Una nación con tal sistema podría pensar de sí misma que depende menos de la cooperación internacional, e incluso hasta podría verse tentada y capaz de vender los datos a otros. Tampoco es un gran esfuerzo imaginar a una empresa del sector privado ofreciendo dichos servicios. No se puede ignorar un escenario en el que los gobiernos con tales capacidades opten por abandonar la VMM. Como meteorólogos, podemos ver la locura de tales propuestas, pero ¿podrán verla los políticos?

A lo largo de la próxima década se espera que el cambio principal del SMO sea la firme evolución de los sistemas de observación. Se espera que, en particular, se abaraten las observaciones de aire en altura. Esto puede lograrse en parte mediante la tecnología. Por ejemplo, las radiosondas se aprovecharán de los grandes pasos que den la tecnología electrónica y las técnicas de fabricación. Pero eso, por sí solo, puede no ser suficiente. En la actualidad hay muchos SMN que son incapaces de contribuir con los datos de superficie y de aire en altura necesarios para el SMO debido a su coste. Una solución puede ser el establecer ciertas formas de consorcio en las que los países desarrollados y los paí-



Uno de los objetivos de la OMM a través del Programa de la Vigilancia Meteorológica Mundial es fomentar la normalización de las observaciones meteorológicas. (Fotografía: Météo-France)

ses en vías de desarrollo junten los recursos para ofrecer redes regionales. Esto ya se ha intentado con cierto éxito. Las ventajas de la compra de instrumentos en grandes cantidades bajo esos acuerdos son atractivas aunque todavía no se han probado en la práctica, y en varias partes del mundo se está persiguiendo con vistas a alcanzar una reducción del coste para los SMHN que participan en el funcionamiento de sistemas de observación seleccionados. La unión regional de recursos y de conocimientos técnicos puede ser una solución. A menudo, la financiación, al menos en parte, dependerá de la ayuda al desarrollo, pero los donantes suelen ser reacios a ofrecer financiación continuada, y prefieren limitar sus contribuciones a un plazo fijo. Esto es un desafío continuo para el Programa de Cooperación Técnica de la OMM, que será el vehículo proactivo para tales actividades.

Los métodos de alta tecnología pueden no ser, ahora, el enfoque más adecuado a los sistemas de observación. Por ejemplo, las estaciones meteorológicas automáticas (EMA), en las circunstancias adecuadas, pueden contribuir al SMO ofreciendo datos consistentes, fiables y continuos. Sin embargo, para hacer eso necesitan un programa constante de mantenimiento y de calibración a un nivel de recursos técnicos y financieros que a menudo no puede alcanzarse en los SMHN menos desarrollados. Las técnicas de observación manuales convencionales seguirán formando parte del SMO en el futuro previsible.

Un desafío para la OMM en conjunto, pero en particular para la VMM, será la protección sostenida de las radiofrecuencias necesarias para los sistemas de observación *in situ* y de teledetección. No hay duda de que la competencia por ellas se volverá más dura a medida que las bandas del espectro de radio necesarias para la meteorología se llenen y sean codiciadas por otros colectivos de usuarios. Un problema importante para la meteorología es que a menudo la física de la atmósfera determina las bandas necesarias para estos sistemas y no tenemos la libertad de movernos a otras alternativas. Sin una vigilancia constante y un compromiso determinado en la Conferencia Mundial de Radio, la VMM puede ver denegado su acceso a varios sistemas de observación basados en radio vitales para los próximos 10 años porque otros usuarios, esencialmente comerciales, pueden haber iniciado de forma agresiva grandes inversiones económicas, que son difíciles de poner en duda una vez que se han establecido.

Los esfuerzos continuados de la OMM relacionados con la garantía de la calidad que ofrecen el programa de Instrumentos y Métodos de Observación serán absolutamente críticos para la eficacia de las observaciones. Ciertamente, cualquier acuerdo organizativo

futuro de la OMM tendrá que asegurar que se garantice la calidad y la estabilidad a largo plazo de las observaciones y de las mediciones.

## El Sistema Mundial de Telecomunicaciones

El SMT es el área de la VMM que probablemente cambie de forma más evidente en 10 años. Ciertamente, es bastante posible que no sea necesario un SMT formal de por sí. La explosión de las telecomunicaciones y las tecnologías subyacentes de las dos últimas décadas han dado como resultado Internet. Internet ha cambiado fundamentalmente las telecomunicaciones mundiales. Los SMHN, que hace sólo unos pocos años estaban conectados al SMT por circuitos troncales que tenían su origen en una época pasada, y que tal vez introdujeron teletipos e incluso código de voz y Morse de alta frecuencia, están ahora "conectados en línea". Internet es tan universal y tan sólida que es inconcebible que ella y su inevitable desarrollo no sean la base de las telecomunicaciones de la VMM.

La VMM requerirá, por supuesto, que se coordinen las telecomunicaciones, pero probablemente éstas estén interesadas principalmente en los formatos y los protocolos, no en la red integrada de circuitos punto a punto o multipunto como ocurre con el actual SMT. Esta función está mucho más cercana a las actividades de la GDVMM. Deberíamos esperar, por lo tanto, una integración del SMT y de las actividades de la GDVMM durante los próximos años, con especial atención a la gestión de datos.

Un desarrollo posible del programa de GDVMM dentro de la próxima década puede ser la gestión de archivos. Los datos y los productos que genera la VMM se están convirtiendo en algo más que un simple interés en tiempo real. Entre otras cosas, son necesarios para la vigilancia de la variabilidad estacional e interanual, para los procesos de garantía de calidad, para actividades de investigación y desarrollo y para la verificación de la predicción. No se espera que la OMM lleve a cabo el archivo real de los datos, pero la VMM podría facilitar y coordinar, verdaderamente, archivos "virtuales". Tal concepto se basaría en una ampliación de la idea de libre intercambio de datos y productos. Sólo el futuro dirá si ello es posible.

Todavía puede haber un papel para la VMM en las telecomunicaciones especializadas, en particular a la hora de ofrecer consejo y de facilitar la transmisión de datos desde los sistemas de observación al SMPD. Esto será así sobre todo para las plataformas de recogida de datos, tales como boyas y EMA remotas. A menudo éstas serán mediante satélites meteorológicos. Como se mencionó anteriormente, la protección del espectro de radio para estos fines continuará, ya que la presión de

la competencia por los limitados anchos de banda disponibles será implacable.

### El Sistema Mundial de Proceso de Datos

Al igual que el progreso de las telecomunicaciones está volviendo obsoleto el actual enfoque del SMT, el progreso en la IT está forzando cambios en la forma de dirigir el SMPD. La situación se está acercando rápidamente al momento en el que ya no serán necesarios para los Centros Meteorológicos Mundiales que tengan potentes ordenadores donde ejecuten grandes modelos de predicción numérica del tiempo. En un número cada vez mayor de SMHN se dispone de instalaciones con tales capacidades. La interconexión mundial sugiere que la red actual de Centros Meteorológicos Regionales Especializados, que se basa, en general, en la cobertura geográfica y en menor medida en la especialización de la actividad, puede dejar de tener la misma importancia dentro de 10 años. En pocas palabras, podemos anticipar que los próximos 10 años serán testigos de una importante revaloración y una posible reestructuración del SMPD y que se dará más importancia a la especialización por actividades de los centros.

Habiendo dicho esto, podemos anticipar mejoras en los productos existentes y la incorporación de nuevos productos al SMPD. Éstos serán facilitados por los incrementos exponenciales y continuados de la potencia de los ordenadores. Al final, permitirá modelos de mayor resolución con una representación mucho más precisa de la "física". Ya es claro que estarán en boga los modelos de conjunto que integran para períodos de tiempo mayores. Pueden esperarse inmensas mejoras en los modelos acoplados atmósfera-oceano tanto para predicciones climatológicas como meteorológicas.

Pueden anticiparse una serie de productos nuevos y mejorados. Podrían incluir modelos mejorados de dispersión atmosférica (que se usarán en episodios de humo transfronterizo, accidentes nucleares, episodios de contaminación, incidentes de enfermedades transmitidas por el aire y similares), modelos de predicción de ciclones tropicales, proyectos de tsunamis, predicción de penachos de cenizas volcánicas, modelización ultravioleta y de ozono, predicción de la radia-



*Ningún sistema sencillo de observación ha tenido consecuencias tan grandes sobre el SMO como los satélites meteorológicos: receptores de satélite meteorológico en Filipinas (Fotografía: PIAS)*

ción solar, etc. Muchos de estos modelos son complejos y bastante especializados. Por lo tanto, pudiera ser que muchos SMHN, aunque necesiten tal capacidad especializada, no tengan la capacidad para desarrollar y hacer funcionar los productos y tengan que depender de otros centros. Hoy esto se trata a través de los CMRE. Entonces, al beneficiarse de la creciente interconectividad global, el desafío para la VMM será centrarse principalmente en los centros especializados y proveer acuerdos para garantizar que todos los SMHN Miembros que los requieran puedan disponer gratuitamente de sus productos. El asesoramiento facilitado durante el desarrollo del Sexto Plan a Largo Plazo de la OMM será valioso aquí por la importancia de esos productos que ayudarán, por ejemplo, en las respuestas a los desastres naturales y en su mitigación y a acortar distancias entre las capacidades de los países desarrollados y las de los países en vías de desarrollo.

Posiblemente, el principal desafío para el SMPD de la VMM no esté en la tecnología. Puede ser que muchos de los sistemas y modelos sean capaces de funcionar fuera de la tutela de los SMHN, a través del sector privado o de instituciones internacionales que trabajen independientes de la OMM. El riesgo, al igual que con la teledetección desde el espacio, es que puede que dichos acuerdos no faciliten de forma fácil los productos a los países que no puedan permitirse un compromiso económico. Ya hay numerosos productos climatológicos producidos de esa forma.

### La respuesta

La VMM se produjo debido a que, a lo largo de 40 años, los jefes del colectivo meteorológico mundial tuvieron la visión de una cooperación internacional a una escala sin precedentes y el deseo de ponerla en marcha. Ninguna otra actividad ha hecho más que la VMM

para ampliar nuestro conocimiento de la atmósfera o la ciencia y la práctica de la meteorología. Fue posible solamente por el trabajo y el compromiso de gente de todas las naciones. También fue posible solamente porque los gobiernos se dieron cuenta del bien público que se derivaba de su apoyo altruista. Y fue posible solamente porque los Servicios Meteorológicos Nacionales trabajaron con un espíritu de cooperación y compartieron sus habilidades y sus conocimientos técnicos. Puede haber poca gente que dude de la necesidad de la VMM en los próximos 10 ó más años.

En 10 años, seguirá existiendo la necesidad de un sistema internacional que apoye las necesidades operativas de los SMHN. Como se explica más arriba, parece claro que estas necesidades serán distintas de las actuales. Pero, esencialmente, se puede esperar que las salidas y los resultados de la VMM sean como en la actualidad. Las salidas son un conjunto de productos y de datos meteorológicos básicos de alta calidad para uso de todas las naciones. Los resultados serán el funcionamiento de los SMHN de todo el mundo para ofrecer un servicio a sus pueblos mejorando su calidad de vida.

La forma real en la que evolucione la VMM estará marcada por los cambios en la tecnología y en la ciencia. La tecnología cambiará sobre todo en el campo de las telecomunicaciones, pero con importantes consecuencias para la informática y la modelización. Las observaciones avanzarán más lentamente debido a la necesidad de mantener el registro del clima. Como resultado, puede haber algunos cambios en la estructura organizativa de la VMM, pero podemos esperar el usual proceso cuidadoso de cambio que representa la OMM.

Lo que se desconoce es cuán deseosos o capaces se mostrarán los SMHN y sus gobiernos para cooperar con la VMM. En los últimos años hemos sido testigos de algunos signos de que la unidad y la homogeneidad, que han sido motores de la VMM, están siendo sometidas a presiones. Sin embargo, cualesquiera que sean los cambios, es inconcebible que los SMHN no necesiten datos y productos globales. Puede que haga falta más esfuerzo y distintos enfoques para garantizar la continuación de la VMM. Nuestro colectivo es fuerte y capaz y se pondrá a la altura de cualquier desafío.

## *La contribución de la VMM al desarrollo sostenible: la estrategia africana para la rehabilitación de los sistemas básicos de la VMM*

por Joseph R. MUKABANA\*

África es un continente que tiene la suerte de contar con todos los tipos de clima, que van desde los desiertos cálidos y secos a las praderas de la sabana y las pluviselvas tropicales. Por ello, es un continente donde el clima favorece la reproducción y el crecimiento de una gran serie de especies vegetales y animales, incluidos transmisores de enfermedades. A pesar de las oportunidades que aporta el clima favorable, la mayor parte de los países de África son, por lo general, pobres, con una producción agrícola inadecuada para mantener a su población. La mayor parte de la población vive en zonas rurales de la agricultura de subsistencia. Se estima que, de cada diez personas de África, cuatro viven

por debajo del umbral de la pobreza (CEPA-NU, 1999) con menos del equivalente a 1 \$ EE.UU. al día. Una cantidad importante de la población no puede permitirse una comida decente al día y apenas sobrevive. Más aún, los caprichos de los desastres relacionados con el tiempo y con el clima contribuyen a incrementar la pobreza.

Episodios climáticos extremos recientes, tales como las inundaciones en el este de África relacionadas con El Niño de 1997-1998, la sequía en el este de África relacionada con La Niña de 1998-2000 y las inundaciones de Mozambique de 2000, la sequía de 2002 en el sur y las inundaciones en el este —por mencionar solo algunas— confirman que la mayor parte de los países de África son muy vulnerables a los epi-

\* Director del Departamento Meteorológico de Kenia