

También existen otras limitaciones, pero numerosos SMHN están adoptando este método como un primer paso para obtener un modo analítico de relacionar la calidad de la predicción con el valor y está siendo útil para calcular el valor de la predicción para aplicaciones concretas. En particular, el método se está usando con éxito en el Proyecto de Demostración de Cadena Alimenticia del SIPC, cuyo informe está disponible a través de la página Web del SIPC (en la página de la OMM). El método también se basa en el nuevo sistema experimental de Verificación Normalizada de la OMM para Predicciones a Largo Plazo (para más detalles véase la página de la OMM —enlace a la VMM—).

### Referencias

- MURPHY, A. H., 1994: Assessing the economic value of forecasts: an overview of methods, results and issues. *Met. Apps.* 1, 69-73.
- SWETS, J. A. y R. M. PICKETT, 1982: *Evaluation of Diagnostic Systems - Methods from Signal Detection Theory*. Academic Press.
- STANSKI, H. R. *et al.*, 1989: Survey of common verification methods in meteorology. OMM/TD N.º 358, 114 pp.

### Agradecimientos

Los autores quieren dar las gracias a todos los que amablemente ofrecieron información en el desarrollo de este estudio.

## Enfoque sistémico a la predicción del tiempo y al impacto de los productos meteorológicos sobre la sociedad

251

Por Winnifred A. MUTULI\*

### Introducción

Debido a su papel crucial en las economías nacionales de los países en vías de desarrollo, la comunidad agrícola constituye un importante grupo de usuarios de la información meteorológica. La comprensión e interpretación de la información climática tiene una repercusión directa en la productividad agrícola y en la seguridad alimentaria, aunque hay poco o ningún intercambio de información entre los SMN y el sector agrícola. Los desastres relacionados con el tiempo siguen alterando las economías de la mayoría de los países en vías de desarrollo, y a menudo encuentran a los gobiernos sin estar preparados.

Este análisis concibe el Centro Meteorológico Nacional (CMN) como sistema focal, y se basa en el impacto de los productos meteorológicos sobre los usuarios finales analizando el flujo de información desde el sistema hacia el entorno. Se pone de manifiesto el acoplamiento con las organizaciones y grupos de usuarios analizando las interacciones con el entorno del sistema, relacionándolas con los sistemas y controles de realimentación resultantes de las interacciones, y controlando el flujo de información de retorno al sistema. Proporciona un "gran cuadro" o visión holística

de las tareas implicadas en la localización de los problemas a los que se enfrentan los SMN individuales en la provisión de servicios.

### Enfoque sistémico a la predicción del tiempo por los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN)

El enfoque sistémico es una herramienta para resolver problemas que observa con amplitud éstos al ofrecer soluciones. Se define un sistema como un todo que no puede dividirse sin pérdida de sus características esenciales y que debe estudiarse en su conjunto. Sus partes se explican en términos del todo, pero nunca al revés. El todo es siempre mayor que la suma de las partes individuales.

Schoderbek y otros (1975) definen un sistema como un conjunto de objetos junto con las relaciones entre ellos y sus atributos relacionados entre sí y con su entorno, de tal manera que forman una totalidad o un todo. Describe las organizaciones como sistemas jerárquicos complejos con ciertas características comunes.

Mintzberg (1979) describe la estructura de una organización como el conjunto de caminos que dividen el trabajo en distintas tareas, uniendo al mismo tiempo de forma coordinada las partes con el fin de lograr un objetivo.

\* NOAA/NWS/IA

## El CMN: un sistema dinámico en constante interacción con su entorno

Los SMN de los Miembros de la OMM pueden describirse como sistemas organizativos complejos con subsistemas que interactúan constantemente con el entorno, estructurados de manera jerárquica con tareas y funciones específicas, diseñadas para lograr objetivos concretos. El CMN de un SMN se concibe en el análisis como el centro del sistema de operación. Los objetivos del CMN son precisamente los objetivos de un SMN y lo que tiene impacto sobre el subsistema CMN desde el entorno, automáticamente tiene impacto sobre el sistema SMN.

La figura 1 muestra conceptualmente el centro de operación de un SMN, que es el CMN donde tiene lugar el proceso vital de predicción del tiempo. El CMN es en realidad un subsistema del sistema completo de un SMN, pero se considerará como un sistema por sí mismo con entradas, procesos y salidas específicas. El análisis observará los procesos de trabajo de un CMN y analizará las interacciones que resultan cuando los productos meteorológicos del CMN se difunden a las organizaciones de usuarios del entorno. La OMM fija los patrones y especificaciones para los SMN y define las entradas, procesos y salidas mediante el Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial.

Mintzberg's Logo (1979) analiza la estructura y diseño de una organización SMN y concluye que las funciones y tareas de un CMN son críticas en el logro de los objetivos del SMN. Todas las demás tareas y funciones de los subsistemas de un SMN apoyan directa o indirectamente las funciones de un CMN.

El aumento de la complejidad y sofisticación de las demandas del usuario dicta que la tarea del CMN vaya más allá del tema de las predicciones del tiempo y que se haga necesario agrupar la información del tiempo para conjuntos objetivo de usuarios específicos. La información debe ser interpretada correctamente por los usuarios con vistas a la eficacia del sistema SMN. El Programa de Servicios Meteorológicos para el Público de la OMM representa la interfaz entre los productos de los SMN y su asimilación por los usuarios. El grado de eficacia de un sistema SMN a través del logro de objetivos se traduce en su grado de visibilidad a los ojos de la comunidad a la que sirve. Resulta crítico para la supervivencia de un sistema SMN que evolucione e intente adaptarse a su entorno desde una pers-

pectiva de sistema. El entorno mismo de un SMN es dinámico y en cambio constante con nuevas demandas, aumentando su complejidad. En la medida de lo bien que un SMN se enfrente a las demandas de su entorno aumentará su visibilidad y eficacia a través del logro de objetivos y de los rápidos aumentos de las asignaciones presupuestarias para funcionar eficazmente.

## Componentes del sistema CMN y establecimiento de límites para la resolución de problemas

Puesto que las tareas y funciones de las organizaciones intentan cumplir objetivos organizativos, los componentes del subsistema fijarán los límites para distinguir lo que está dentro y lo que está fuera de la organización. Schoderbek y otros (1975) explican que el límite de un sistema se traza arbitrariamente, dependiendo de las variables en consideración, y es ajustable en la determinación de lo que es relevante o irrelevante en el entorno o sin él. Añade que la identificación de problemas dicta a menudo implícitamente los límites aceptados por el investigador.

La figura 2 es una representación de un límite de un sistema CMN, distinguiéndose los subsistemas que están en el CMN y los de fuera. Los procesos de trabajo se describen como datos meteorológicos codificados casi en tiempo real como entrada para el sistema; el proceso de decodificación de los datos meteorológicos y representación en mapas del tiempo, el análisis de los mapas seguido por la toma de decisiones para la predicción, como productos de salida del sistema. El proceso se trata como una "caja negra" debido a las variaciones de los métodos empleados en los diferentes SMN a nivel de sofisticación de metodologías y tec-

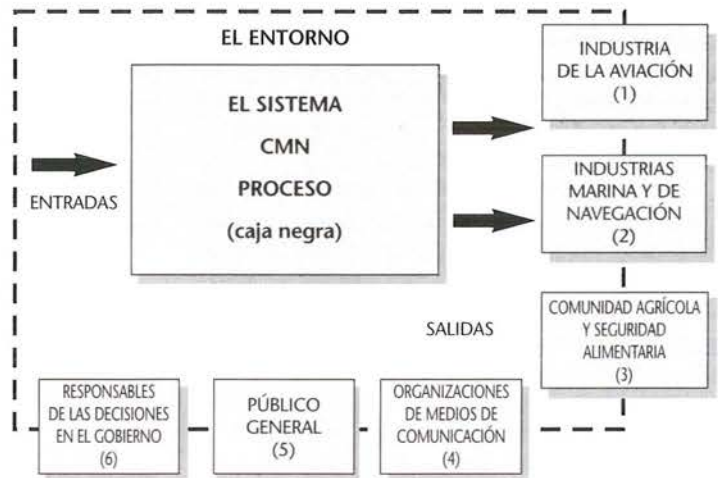


Figura 1 — Representación en diagramas de un CMN como sistema e interacción con las organizaciones de usuarios del entorno (flujo de información desde el sistema): las salidas 1-4 están débilmente acopladas; las salidas 5 y 6 están fuertemente acopladas

nología, incluyendo las habilidades utilizadas en los procesos de trabajo del CMN.

En el entorno inmediato de un CMN se encuentran las organizaciones de usuarios finales, es decir:

- la industria de la aviación;
- la industria marina y de navegación;
- la comunidad agrícola;
- el público general;
- las organizaciones de medios de comunicación;
- los responsables de la política y planificadores del gobierno;
- las organizaciones no gubernamentales y grupos de ayuda.

El CMN está en continua interacción con estas organizaciones de usuarios, con un flujo de información de dos direcciones, desde el sistema hacia el entorno y viceversa. Sin embargo, el estado actual de las interacciones entre los SMN y las organizaciones de usuarios es ineficaz, e indica un desfase entre los productos altamente científicos y técnicos de los SMN y el bajo nivel de comprensión de estos productos por la mayoría de las organizaciones y grupos.

### El entorno del CMN y el impacto de los productos meteorológicos

Una organización es un producto de su entorno físico y cultural, en un intercambio bidireccional constante con su entorno. Su supervivencia depende de su capacidad de extraer del entorno físico los elementos que sean necesarios para mantener sus operaciones. El entorno que pertenece a un sistema organizativo constituye todos los subsistemas que están fuera de la organización; estos quedan más allá del control del sistema, aunque ejercen cierta determinación sobre la actuación del sistema de organización.

Observando las interacciones entre los CMN y las organizaciones de usuarios finales, en la Figura 1, el acoplamiento entre el sistema CMN con las organizaciones de usuarios finales en el entorno se presenta mediante el control del flujo de información bidireccional y el análisis de las interacciones resultantes. Un análisis de las interacciones entre el sistema CMN y su entorno sugiere que la industria de la aviación está estrechamente acoplada con los CMN y es el mayor grupo de usuarios finales de productos meteorológicos. La industria exhibe altos niveles de comprensión de los productos meteorológicos y climáticos de los SMN.

El análisis indica además que la industria marina y de navegación está estrechamente acoplada a los

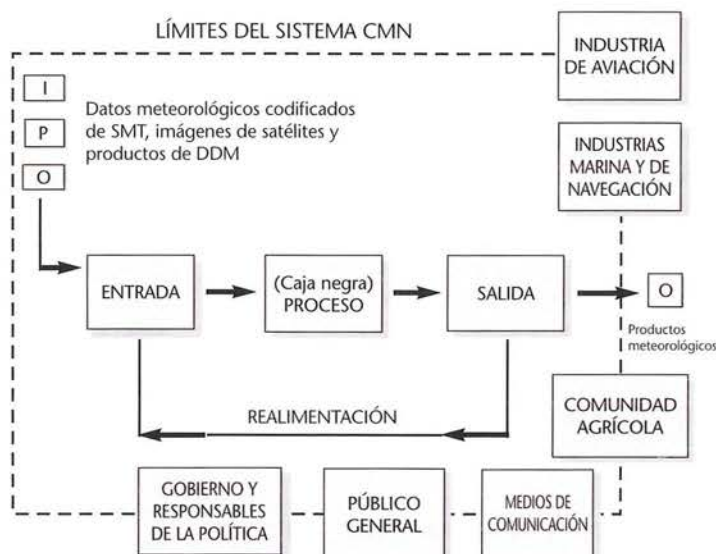


Figura 2 — Representación en diagramas de un sistema CMN mostrando parámetros, límite y entorno

CMN debido a su alto nivel de comprensión y uso de productos meteorológicos en sus trabajos. Sin embargo, los sectores agrícola, de organizaciones de medios de comunicación, responsables de la política y planificadores gubernamentales así como el público general, están débilmente acoplados a los CMN. Esto se refleja en el sistema de control de realimentación (el flujo de retorno de información al sistema CMN), que incluye artículos en los periódicos, editoriales y comentarios tanto en medios escritos como radiados, que indica que los productos meteorológicos no son comprendidos o no se interpretan correctamente, dando como resultado una baja visibilidad de los SMN.

Los sectores agrícolas de los países en vías de desarrollo son vitales para la supervivencia de las comunidades, aunque están débilmente acoplados a los CMN. La mayor parte de los países tiene infraestructuras sólidas en sus departamentos y sectores agrícolas que avisan rutinariamente a los agricultores por medio de funcionarios de extensión agraria; no existe un establecimiento de metodologías formales entre los SMN y los sectores agrícolas, o son débiles. La falta de un flujo e intercambio de información adecuada y formal entre los SMN y la comunidad agrícola se pone de relieve mediante sistemas de retroalimentación tales como pérdidas de cosechas y economías alteradas por sequías, inundaciones, infestaciones de plagas y cuestiones de salud. Puesto que las economías de los gobiernos de los países en vías de desarrollo son dependientes de la agricultura, el estrecho acoplamiento de los CMN de estos países y sus respectivas comunidades agrícolas es perentorio. Los SMN podrían dirigir a los funcionarios de extensión agraria, que están en comunicación directa con los granjeros, a una toma de

decisiones eficaz en actividades agrícolas y dar como resultado beneficios económicos directos.

Los responsables de la política de los gobiernos carecen del conocimiento del papel desempeñado por los SMN y de los beneficios potenciales para las economías nacionales. Las políticas y decisiones realizadas por este grupo del escalón superior del gobierno afectan al funcionamiento fluido de los SMN en términos de asignaciones presupuestarias. El análisis sugiere que el estado actual del flujo de información entre los SMN y este importante grupo de toma de decisiones está débilmente acoplado. No puede hacerse ya más hincapié en la necesidad de sensibilizar a los responsables de la política del papel de los SMN en la comunidad y los beneficios potenciales para las economías nacionales.

#### La función cibernética de un entorno de CMN

Stafford Beer (1959) describe la cibernética como las leyes naturales que gobiernan el comportamiento de grandes sistemas interactivos, bien sea una estructura de carne y hueso, metal o social y económica. Continúa diciendo que las leyes están estrechamente relacionadas con la autorregulación y autoorganización y que constituyen el principio de gestión mediante el cual los sistemas crecen y son estables, aprenden y se ajustan, se adaptan y evolucionan; que todos estos diferentes sistemas son realmente el mismo desde la perspectiva cibernética, debido a que manifiestan un comportamiento viable que conduce a la supervivencia.

Schoderbek y otros (1975) describen el sistema de control de realimentación como caracterizado por su estructura de bucle cerrado, que tiende a mantener una relación obligatoria de una variable del sistema con otra mediante la comparación de funciones de estas variables, la diferencia de las cuales se utiliza como un medio de control. En este análisis, el objeto de control elegido de las variables de salida del sistema es:

- la exactitud y fiabilidad de las predicciones y avisos de alerta emitidos por los CMN.

La exactitud y fiabilidad de las salidas del sistema derivan de la comparación de la predicción emitida con lo meteorológicamente observado. Con los resultados deseados, serán iguales con desviaciones menores ( $d = 0$ ). Específicamente, las predicciones emitidas se verifican con el acontecimiento meteorológico real y la diferencia "d" se utiliza como medio de control para el sistema CMN. La Figura 3 es una representación de un entorno de CMN que muestra la estructura de bucle cerrado del sistema de control de realimentación, incluyendo las variables de salida.

Las variables del entorno consideradas y definidas por la interfaz de los servicios meteorológicos para el público son:

- comprensión de las predicciones por los usuarios;
- aprovechamiento de los productos meteorológicos;
- beneficios de los productos meteorológicos.

La variable de desviación "d" y las variables del entorno en la función de control de realimentación influyen entre sí de manera tal que controlan el sistema CMN reduciendo la magnitud de "d". Las variables influyen sobre la magnitud de la acción correctora del sistema activador y entran de nuevo en el sistema CMN. Puede argumentarse que el factor "d" es siempre un factor de las variables del entorno y representa el impacto de los productos CMN en el entorno, dadas las variables del mismo, y los impactos en contra que las variables del entorno realizan sobre los procesos de trabajo del CMN mediante los controles de realimentación. Para un control máximo del CMN, es deseable que "d" sea casi cero ( $d = 0$ ). Entonces, y sólo entonces, el sistema CMN está en perfecto equilibrio o es estable con su entorno desde una perspectiva de sistema.

Los SMN están rodeados por un entorno dinámico que demanda productos al nivel establecido de exactitud y fiabilidad para tomar decisiones críticas. Este entorno "hostil" es sensible a "d" mediante las variables del entorno, y transmitirá a "d" de vuelta al sistema CMN mediante el bucle de realimentación. Por consiguiente, actúan las leyes de la cibernética y, al ser inestable el CMN, intentarán, mediante autorregulación, ajustar una o todas, o una combinación de sus entradas, procesos y salidas, y se esforzarán por tomar medidas correctoras para estar en equilibrio con su entorno, cumpliendo las demandas del entorno. Los SMN conseguirán medidas correctoras mejorando la cobertura de datos meteorológicos; aumentando el número de estaciones en altitud de sus redes; incorporando información por satélite en las predicciones para complementar las regiones escasas en datos tales como los océanos; iniciando una formación adicional del personal meteorológico, y otras numerosas actividades que los SMN o la OMM consideren necesarias para incorporar al trabajo de los CMN con el fin de conseguir el nivel obligado de exactitud del producto para la supervivencia desde una perspectiva de sistema.

Cuando una o todas las variables del sistema disminuyen y/o cuando aumenta el parámetro de diferencia "d", se considera que el sistema CMN, y consiguientemente el SMN, está fuera de control desde una perspectiva de sistema. El ideal es que las variables del entorno sean máximas y la variable de desviación de salida "d" sea casi cero para que el CMN, y en consecuencia el SMN, esté controlado y en equilibrio con el

entorno para la supervivencia desde una perspectiva de sistema. Las variables del entorno (comprensibilidad, aprovechamiento y beneficios de los productos CMN) son tareas y funciones a diseñar y formular por la interfaz Servicio Meteorológico para el Público con el sistema CMN para una eficacia global de los SMN en la provisión de servicios.

**Funciones de las organizaciones de medios de comunicación en la función cibernética: el Sistema Detector**

La Figura 3 sugiere que el Sistema Detector en la función cibernética lo constituyen las organizaciones de medios de comunicación del entorno de un CMN, en el que la información se adquiere, se evalúa y se transmite selectivamente. Las noticias de los medios de comunicación sobre temas de tiempo y clima se convierten en salida del Sistema Detector y en entrada para el Sistema Comparativo de la función cibernética. Las organizaciones de medios de comunicación son extremadamente sensibles a la variable "d" y transmitirán información al Sistema Comparativo a menudo con exageraciones. Así, la comprensibilidad de la información del tiempo y el clima por los medios es importante.

**Funciones de los grupos de usuarios en la función cibernética: el Sistema Comparativo**

La Figura 3 sugiere que el sistema comparativo en la función cibernética lo constituyen los grupos de usuarios. Las consideraciones a escala global, regional y local respecto de los impactos negativos de las anomalías en el tiempo y clima son la salida del Sistema Comparativo, que se convierten en la entrada del Sistema Activador. El primero de ellos transmite automáticamente "d" al segundo.

**Funciones de la OMM en la función cibernética: el Sistema Activador**

El Sistema Activador en la función cibernética lo constituyen la OMM y otras organizaciones internacionales, incluyendo las ONG donantes y de ayuda, que evalúan los rumbos alternativos de acción correctora basada en la envergadura de la variable de desviación "d". La salida del Sistema Activador es la acción correctora dirigida a investigar la capacidad de control y la estabilidad del CMN y se esfuerza por conseguir el ideal en el que  $d = 0$ . La acción correctora casi siempre se traduce en implicaciones financieras. Martin Yerg (1996) destaca los esfuerzos de colaboración en la financiación del Programa de Cooperación Técnica de la OMM. El grueso de estas obligaciones lo soporta mayoritariamente el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los Fondos Fiduciarios de la OMM, el Programa de Cooperación Voluntaria (PCV) de la OMM y el presupuesto regular de la OMM.

**Conclusión**

Este artículo se ha dirigido a proporcionar un marco holístico de observación de los problemas a los que se enfrentan los SMN individuales en el dinámico y complejo entorno actual que demanda soluciones inmediatas. Muestra cómo se analizan los problemas, no de forma aislada sino incluyendo otros temas relacionados en el "gran cuadro" para soluciones. Cómo los SMN no deberían considerar aisladas sus organizaciones, sino considerar las organizaciones de usuarios de su entorno inmediato como parte de la solución, y la necesidad de los SMN de estar en equilibrio con las comunidades a las que sirven cumpliendo sus demandas.

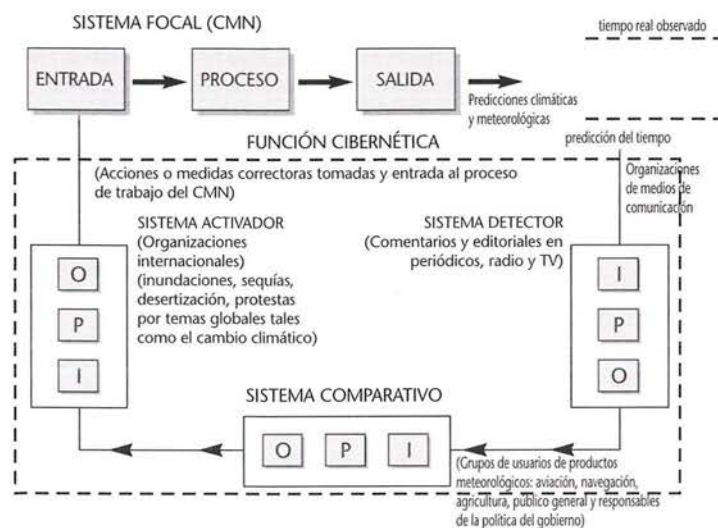


Figura 3 — Representación en diagrama de la función cibernética del sistema CMN y del papel de la OMM y de otras organizaciones del entorno en la mejora de servicios

**Recomendaciones**

- Se alienta a los Miembros de la OMM a establecer unidades de servicios meteorológicos para el público para interactuar con el CMN y con las organizaciones de usuarios.
- Además de los patrones definidos por las entradas, procesos y salidas para los SMN de sus Miembros, la OMM debería fijar estándares para la gestión de los CMN en los que los responsables de las decisiones considerarían la visión holística para la provisión de servicios eficaces.
- Se alienta a los Miembros a formar asociaciones con las

organizaciones de usuarios y programarlas en sus marcos de resolución de problemas.

### Referencias

- BEER, M., 1980. *Organization Change and Development: A Systems View*. Goodyear Publishing Co. Inc. California.
- BEER, S., 1975. *Platform for Change*. John Wiley and Sons. Londres.
- OMM, 1999: *Guide to Public Weather Services Practices*. OMM-N.º 834 (segunda edición).
- KAST y ROSENZWEIG, 1970. *Organization and Management: A Systems Approach*. McGraw-Hill Book Co. Nueva York.
- KASTELEIN, J., 1988. *Meteorology in the Service of Aviation*. OMM-N.º 706. Ginebra.

- Kenya Times*, 5 de octubre de 1991: "Challenge To Kenya's Weather Forecasters", Editorial, 6.
- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY BULLETIN, 1997: Meteorological Drought: Policy Statement, vol. 78, N.º 5, 847-849.
- MINTZBERG, H., 1979: *The Structuring of Organizations*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs. Nueva Jersey.
- SCHODERBEK y otros, 1975: *Management Systems: Conceptual Considerations*. Business Publication Inc. Dallas, Texas.
- YERG, Martin, julio de 1996: Nuevos enfoques de la cooperación técnica. *Boletín de la OMM* 45 (3), 252-256.

### Reconocimiento

Los gráficos fueron preparados por Jeffrey D. Baum.

## Impactos de los fenómenos meteorológicos: ¿informes estandarizados?

256

Por S. G. CORNFORD\*

### Introducción

Cada año, como resultado de fenómenos meteorológicos anormales, miles de personas mueren prematuramente, y las economías nacionales sufren pérdidas que superan con bastante frecuencia el uno por ciento del producto Nacional Bruto (PNB) y que, en ocasiones, alcanzan una significativa fracción del mismo. (En Honduras, en 1998, la cuantía fue de un tercio del PNB. Los únicos límites superiores son la destrucción de toda la población de un Miembro y de su infraestructura económica completa. Es mucho más probable que se alcancen tales límites extremos en los Miembros de la OMM con poblaciones pequeñas y economías modestas). En cada número de octubre del *Boletín de la OMM* se muestra una encuesta de los impactos meteorológicos del año anterior. A continuación, se hace referencia a los números de página del *Boletín* del año dado, a menos que se indique lo contrario.

El valor absoluto del tiempo para las economías nacionales es difícil de determinar, y depende casi enteramente del conjunto de definiciones que se elija. A menudo es más fácil (como ocurre con las cosechas, por ejemplo) comparar los impactos relacionados con el tiempo con los acaecidos uno o más años antes. En general, las sociedades adaptan su modo de vida, su

densidad de ocupación de la tierra, la arquitectura y el sistema de agricultura al clima local; las desviaciones del comportamiento normal, como los fenómenos meteorológicos anormales (FMA), son las que causan problemas.

### Necesidad de informes estandarizados (y obligatorios)

La necesidad de informes estandarizados (y obligatorios) de los impactos de los FMA surgió inicialmente de una necesidad de producir encuestas anuales más autorizadas (y más amplias) para el *Boletín de la OMM* (véase 1996, 365; 1997, 407). De forma más general, sin embargo, la aplicación de datos autorizados integrales permitiría a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) ser de un valor mucho más amplio para los gobiernos. No sólo los SMHN dispondrían de datos para demostrar su creciente eficacia en el alivio de los peores impactos y aumentar el valor de los más positivos, sino que también les capacitarían para desarrollar métodos mejorados de predicción de impactos (sobre el comportamiento humano, la localización y momento de ocurrencia de inundaciones, pérdida de cosechas, etc.), y, simplemente, del tiempo.

Cada año, la Secretaría General de la OMM solicita información a los países Miembros (que en la actualidad totalizan 185) sobre los efectos de los FMA del año anterior. Habitualmente responden entre 70 y 80 Miembros. No está claro si el hecho de no efec-

\* Antiguo Director (Funciones especiales), Oficina del Secretario General de la OMM. Correo electrónico: meteorology@ntlworld.com