

partículas de humo sobre la región de Singapur. A la persistencia y espesor de la calima de humo también contribuyeron el tiempo anormalmente seco y las condiciones atmosféricas estables. En la primera semana de noviembre, el retorno de los vientos del norte al nordeste y el aumento de las lluvias, condujeron a su rápida desaparición.

Los datos de satélite resultaron muy útiles y eficaces para vigilar los incendios forestales y la calima de humo. También fueron muy útiles en la verificación cualitativa del resultado del modelo.

Durante todo el episodio se mantuvo informado al público en todo momento a través de prensa,

radio, televisión y teléfono, de la última situación local y regional de la calima de humo y de la calidad local del aire. También se pusieron a disposición del público los mapas actualizados representando la extensión de la calima, los vientos dominantes y la visibilidad meteorológica horaria observada sobre Singapur, pudiendo accederse a los mismos mediante un sistema de facsímil de contestación automática a una llamada telefónica. La información suministrada sirvió no sólo para informar al público en general, sino también para mitigar algunas de sus preocupaciones sobre la prolongada presencia de la espesa calima de humo y sobre sus efectos.

## LOS DATOS HIDROLÓGICOS EN LA ERA DE LA INFORMACION<sup>1</sup>

Por Marshall E. Moss<sup>2</sup>

Estamos en la era de la información y, como hidrólogos responsables, debemos participar activamente en garantizar que la información hidrológica esté disponible en la cantidad adecuada y en el formato apropiado, de manera que las decisiones futuras sobre los recursos hídricos se hagan sobre una base firme. Para cada uno de nosotros existen muchas opciones en la forma de desempeñar este papel. Aunque la decisión sobre el camino que cada uno deba emprender para alcanzar el objetivo de la información es individual, dichas decisiones no son independientes; mediante la creación y aplicación de nueva tecnología para generar información hidrológica, se crea un efecto sinérgico que un ejecutivo racional no puede ignorar. Este trabajo intenta describir cómo funciona la sinergia y cuál es la mejor manera de aprovecharla como individuos.

La convocatoria de este cursillo práctico<sup>1</sup> fue sintomática de un paso significativo en la evolución de la hidrología. Durante mucho tiempo, nos hemos preocupado por crear redes de datos hidrológicos, sin reconocer suficientemente que los datos, en sí mismos, no eran la finalidad. La cuantificación de la información que los datos contienen y el diseño de los sistemas para optimizar, en cierto sentido, la información que se genera, representan un avance importante hacia la rectificación de algunos puntos de vista del pasado, en cierta manera miopes. Sin embargo, la información en sí misma tampoco es un objetivo. En distintos aspectos de la toma de decisiones acerca de los recursos hídricos, se ha demostrado que los impactos económicos de los datos no están correla-

cionados linealmente con la información que los datos contienen (Moss, 1970; Maddock, 1973; Dawdy, 1979). De hecho, la información que se emplea mal puede tener un efecto nocivo sobre una decisión, y en estos casos se puede decir que los datos en que se basa tienen un valor económico negativo (Moss y otros, 1978). Esto queda bien demostrado en el siguiente ejemplo sobre la calidad del agua.

La continua evolución de la tecnología moderna nos ha proporcionado la capacidad de medir la presencia de compuestos químicos a niveles de concentración en el agua cada vez más bajos, lo que puede conducirnos a nuevos datos e informaciones para el bienestar de la humanidad. Sin embargo, para elementos químicos que no dañan al medio ambiente en tales concentraciones, la información de su aparición en una masa de agua puede llevar a gastos reaccionarios y despilfarradores en el intento de "remediar" un problema que no existe. Si no se hubiera dispuesto de los datos sobre la existencia de compuestos químicos no peligrosos, los fondos hipotéticos no se habrían gastado. Así, un mal uso de los datos y de su información asociada puede conducir de forma directa al agravamiento de una situación.

La moraleja del ejemplo anterior es que el diseño de un sistema de información debe estar influido por la tecnología de la toma de decisiones que va a emplearse en la consecución del objetivo o del conjunto de objetivos que ha sido el impulso para crear el sistema. Si la tecnología decisoria y el sistema de información no están acoplados en la

1 Este trabajo se publicó por primera vez en forma modificada en las *Actas del Simposio Internacional sobre el Diseño de Sistemas de Información de la Calidad del Agua*, Colorado State University, 1989; R.C. Ward, J.C. Loftis y G.B. McBride (Eds).

2 Bayeswater, Tucson, Arizona, EE.UU.

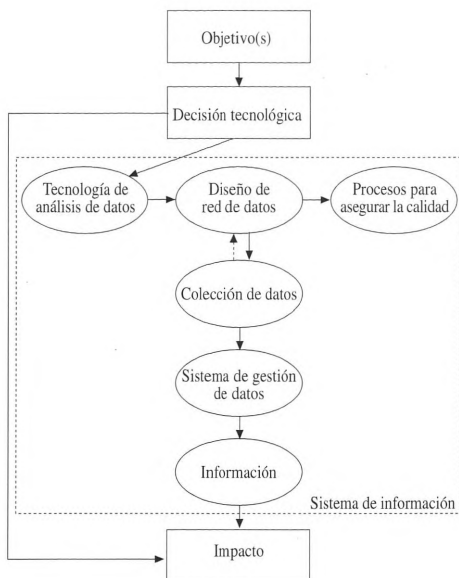


Figura 1 — Componentes de un sistema de información

fase de diseño del sistema, los impactos de las decisiones finales no serán ciertamente óptimos e incluso pueden ser negativos.

La figura 1 ayuda a clarificar cómo se manifiesta este acoplamiento. Idealmente, el sistema de información está inmerso en una progresión natural de acciones y decisiones, que comienzan con la percepción de una oportunidad y culminan con la puesta en marcha de decisiones que optimizan los impactos positivos suministrados por la oportunidad. Con frecuencia, en el campo de los recursos hídricos, la percepción inicial no es la de una oportunidad sino la de un problema. Sin embargo, por dualidad, la existencia de un problema puede ser considerada como una oportunidad si existen algunos medios de minimizar los efectos negativos del problema.

La figura 1 muestra la progresión en la fase de convertir la oportunidad percibida en objetivo o conjunto de objetivos que se utilizarán para dirigir la toma de decisiones subsiguiente. Con frecuencia, la especificación de objetivos claros y adecuados que dan como resultado la cuantificación dentro de los procesos de decisión, es una de las etapas más difíciles de la progresión.

Una vez que se han elegido los objetivos, se pueden seleccionar las tecnologías apropiadas para su tratamiento. La selección de la tecnología decisoria implica: (a) la elección de las variables y parámetros pertinentes que describen los recursos hídricos y el establecimiento socioeconómico de la oportunidad; (b) la especificación de los medios por los cuales las variables se combinarán para definir las acciones subsiguientes; y (c) la definición de los procesos

para solventar las incertidumbres inherentes a las variables y parámetros. Con la tecnología decisoria claramente en mente, el diseñador del sistema de información puede especificar los procedimientos a utilizar para analizar los datos hidrológicos. Estas tecnologías de análisis de datos pueden ser cualquier modelo, o combinación de modelos, que tenga en cuenta la naturaleza probabilística, estocástica o determinística de los fenómenos hidrológicos de interés.

En el esquema ideal representado en la figura 1, cada una de las etapas descritas anteriormente deben realizarse con anterioridad a la consideración del diseño de la red de datos hidrológicos. El diseño de la red de datos debe contestar a estas cuestiones: (a) ¿qué es lo que va a medirse?; (b) ¿dónde va a medirse?; (c) ¿cuándo se ha de medir?; y (d) ¿con qué precisión debe medirse?. El diseño de la red se ha representado (Moss, 1982) con una analogía de estructura piramidal, según se muestra en la figura 2. La base de la pirámide es "la hidrología", pero hidrología en un sentido amplio, "... la ciencia que trata de las aguas de la Tierra, su aparición, su circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas, y sus reacciones con el medio ambiente, incluyendo sus relaciones con los seres vivos". (Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, 1962). Buena parte del éxito de las primeras redes de datos se puede atribuir al hecho de que la base para el diseño moderno es una comprensión de los procesos hidrológicos.

La segunda fila de la pirámide de diseño de la red representada en la figura 2 consta de tres bloques. El bloque de la derecha es la probabilidad. La teoría de la probabilidad es la clave para entender lo que no sabemos sobre la hidrología, y las redes nunca serán realmente óptimas a menos que estén basadas en cuantificar lo que no sabemos, así como lo que sabemos. Encima de la teoría de la probabilidad se encuentra una serie de técnicas conocida como estadística. Las dos herramientas empleadas normalmente en el diseño de redes, la teoría muestral y los análisis de correlación y regresión, son sólo una representación de toda la caja de herramientas estadística. En la cúspide de la estadística está el análisis bayesiano, que es simplemente una manera formal de cuantificar las incertidumbres de los pisos inferiores.

A la izquierda de la estructura representada en la figura 2 hay un conjunto de bloques algo amorfo, etiquetado como análisis socioeconómico, que no resulta tan claro como el lado derecho, debido a que generalmente hemos fracasado en la manera de incluirlo adecuadamente en nuestros diseños de redes. Estos fallos deben atribuirse, no sólo a las dificultades que implican, sino también a nuestra falta de eficiencia para interesar a los colegas científicos del

campo de la política, la sociología y la economía en dichos problemas cuando están relacionados con el agua. Sin embargo, con respecto a los detalles de la estructura, podemos arriesgar la conjetura de que la parte más alta del bloque debe ser también el análisis bayesiano. Las incertidumbres en el análisis socioeconómico son seguramente tan grandes, por lo menos, como las del análisis hidrológico.

El pilar central de la pirámide está etiquetado como teoría de la optimización y representa otro conjunto de herramientas. Su localización central no se debe a su importancia relativa frente a los bloques del otro lado, sino a la naturaleza híbrida de muchos de sus componentes. Por ejemplo, la optimización se emplea para definir los parámetros de muchos modelos determinísticos que describen una comprensión hidrológica básica. Así, la teoría de la optimización se sitúa contigua a la base real de la estructura. Ejemplos similares pueden demostrar su adecuación respecto a cada uno de los bloques adosados.

El remate del diseño de red, sobre el que descansa la propia red de datos, es la teoría de la decisión. La teoría de la decisión es la integradora de todos los componentes inferiores de la estructura.

Con posterioridad al diseño de la red, es posible contestar la pregunta: ¿con cuánta precisión?, y elaborar métodos para asegurar al usuario potencial que se conoce la calidad de los datos. Tradicionalmente, muchos usuarios de datos han estado tan satisfechos con la simple existencia de los datos, como para no cuestionarse su exactitud; su actitud parece ser la de que, aunque los datos pueden no ser perfectos, representan la mejor información disponible. A medida que más ejecutivos para los recursos hídricos sean conscientes de que sus decisiones son sensibles a la calidad de los datos que usan, el tema de asegurar la calidad

se irá haciendo más importante. Como un ejemplo extremo, el coste de asegurar la calidad de los datos recopilados por el Instituto Geológico de los EE.UU. como apoyo a las decisiones relativas al lugar de almacenamiento de los desechos nucleares, en Nevada, es del mismo orden de magnitud que el de la recopilación real de los datos.

Llegados a este punto de la progresión, se puede comenzar la recopilación real de los datos, y también es en este punto donde la retroalimentación, representada con una flecha discontinua en la figura 1, comienza a producirse de forma ideal. Todos los pasos anteriores se basaban en un nivel específico de conocimiento de las condiciones hidrológicas que interesan. Según se recopilan los datos, este nivel de conocimiento se incrementa y pueden ser apropiadas nuevas técnicas de análisis de datos y diseño de redes.

En la era de la información, ningún debate sobre sistemas de información estará completo sin algunas palabras sobre los sistemas de gestión de datos. Parte de la sinergia mencionada anteriormente puede atribuirse a la existencia de sistemas potentes de gestión de datos. La información contenida en los datos, identificados adecuadamente, que se han introducido en dicho sistema potente, está disponible para una multitud de usos distintos a aquellos para los que fueron originalmente recopilados. Pero hay que pagar un precio por esta potencia. El primer precio a pagar en un sistema potente es que las opciones inherentes al mismo tienden a hacer difícil su uso; esta parte del precio puede minimizarse mediante el diseño de un sistema cómodo de usar. El segundo precio es la pérdida potencial de información que esta robustez implica. Ya que el sistema de gestión de datos no puede ser por completo para todo el mundo, se deben establecer compromisos. Estos compromisos generalmente originan datos más compactos y pérdida de los atributos de los datos, como la calidad y la exactitud, cada uno de los cuales significa una disminución de la información. Para atenuar la pérdida de información se pueden añadir al potente sistema central otros subsistemas que retengan la información objetiva más específica.

El producto del sistema de información se desarrolla finalmente por medio del tratamiento de datos con la misma tecnología de análisis de datos que fue inicialmente crucial para definir la red. La progresión culmina con la integración de la información en los procesos de decisión que se diseñaron para que tuvieran un impacto óptimo. La clave para obtener esta optimización es la compatibilidad entre la tecnología de la decisión, la tecnología del análisis de datos y la red de datos.

Volviendo al concepto de sinergia para los sistemas de información, ésta se puede lograr de tres

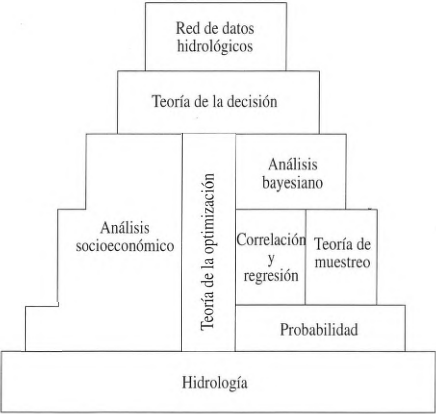


Figura 2 — Los bloques de construcción fundamentales para diseñar redes

maneras. En primer lugar, la información ofrece un producto que no se destruye con el uso. Así, si se conserva adecuadamente, puede emplearse con el mínimo coste para muchos usos que no fueron previstos en el momento de su recopilación. En segundo lugar, la información puede utilizarse para mejorar la comprensión de los procesos hidrológicos. Mejorando los procesos de comprensión se intensifica el contenido de la información de los datos existentes y de todos los futuros. En tercer lugar, la sinergia implica el obtener provecho de lo logrado por los demás. Los nuevos métodos y tecnologías para el diseño de sistemas de información, así como los datos que contienen, son productos reciclables.

Al concluir, debe aparecer aquí una nota de advertencia. Si la sinergia se crea mediante tres factores, también puede no conseguirse debido a tres factores. Primero, la falta de procedimientos adecuados para asegurar la calidad, tanto en la recopilación de los datos como en su gestión, impide la perpetuidad de la información de los datos. Segundo, un mal acceso a los datos limita la utilización de su información. Por último, los gestores y usuarios con una

información deficiente son quizás el mayor inconveniente para lograr el efecto sinérgico.

## Referencias

- DAWDY, D.R., 1979: The worth of hydrologic data. *Water Resources Research*, 15, 6, 1 726-1 732.
- FEDERAL COUNCIL FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1962: *Scientific hydrology*. US Council for Science and Technology, Washington, DC, 37 pp.
- MADDOCK, Thomas, III, 1973: Management model as a tool for studying the worth of data. *Water Resources Research*, 9, 2, 270-280.
- MOSS, M.E., 1970: Optimum operating procedures for a river gaging station established to provide data for design of a water supply project. *Water Resources Research*, 6, 4, 1 051-1 061.
- MOSS, M.E., D.P. LETTENMAIER, E.F. WOOD, 1978: On the design of hydrologic data networks. *Transactions, American Geophysical Union*, EOS, 59, 8, 772-775.
- MOSS, M.E., 1982: *Concepts and techniques in hydrologic network design*. Operational Hydrology Report No. 19, WMO-No. 580, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 30 pp.

# ASOCIACIÓN REGIONAL I (ÁFRICA)

## UNDÉCIMA REUNIÓN

GABORONE, BOTSWANA, 14 A 25 DE NOVIEMBRE DE 1994

### Inauguración

La undécima reunión de la Asociación Regional para África se celebró en Gaborone, Botswana, del 14 al 25 de noviembre de 1994. Asistieron 36 Miembros de la Asociación, otros tres Miembros de la OMM y 13 organizaciones regionales e internacionales.

En su discurso de inauguración, el Sr. Konaré, presidente de la Asociación resumió las actividades realizadas durante el período entre sesiones, en particular la satisfactoria ejecución de las decisiones y recomendaciones que la Asociación aprobó en su décima reunión. Destacó los problemas críticos que afectan a la Región y propuso las acciones que la Asociación debería tomar en el futuro. Expresó una preocupación especial por el escaso apoyo técnico otorgado a los programas de meteorología e hidrología y por los efectos de la realización y la operación de los programas de la OMM en la Región. Dió las gracias a todos los que han participado en las actividades de la Asociación desde su última reunión.

El Prof. G.O.P. Obasi, Secretario General de la OMM, dio las gracias al gobierno de Botswana por

acoger la reunión. Reseñó las actividades mundiales más importantes emprendidas durante los últimos años que fueron de interés para la meteorología y para la hidrología operativa. Destacó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, junio de 1992) y la adopción de la Agenda 21, así como la firma del Convenio Marco de las NU sobre el Cambio Climático (NU/CMCC), que posteriormente ha entrado en vigor, y la firma del Convenio Internacional para combatir la Desertización (ICCD). Además, el Prof. Obasi habló de la actividad de coordinación del Programa Mundial sobre el Clima, del seguimiento del DIRDN y del tema de la comercialización en meteorología. Hizo preferencia a la crítica situación económica de África y esbozó los programas meteorológicos e hidrológicos en marcha, que deben contribuir al progreso económico del continente. Se refirió a la reducción de los proyectos de ayuda técnica en la Región e instó a los Miembros a aumentar sus esfuerzos de movilización de recursos internos y externos. Concluyó sugiriendo los diversos sectores que la reunión debería tratar por el hecho de que la Asociación mire al futuro.