

son sus mayores casinos, y el trabajo de los hidrólogos y los meteorólogos trabajando juntos consiste en conseguir que el dueño del casino (la población del mundo) siga estando del lado del ganador. Las diferencias entre ganadores y perdedores no son grandes. Una explotación mejor de los proyectos de recursos hídricos requerirá una estimación objetiva de la incertidumbre en los caudales de aporte al embalse, a largo plazo, y de los caudales tributarios río abajo. Una mejor estrategia de gestión tendrá en cuenta no sólo el espacio físico de los embalses, sino también el espacio asociado con déficits de humedad del suelo y aguas subterráneas, corriente arriba y corriente abajo. La gestión tenderá a fundarse en un análisis más sistemático del riesgo, incluyendo una estimación de la incertidumbre en las predicciones meteorológicas o climáticas a largo plazo. Esto no es nuevo para los meteorólogos, que hace ya mucho que han entendido la incertidumbre de sus predicciones. La información sobre la incertidumbre llevará, esperamos, a unas decisiones más prudentes sobre los recursos hídricos.

#### *Conclusiones y la importancia de la cooperación internacional – nuevas perspectivas para el planeta Tierra*

Quizás la conclusión más destacada sea la importancia de una nueva colaboración entre meteorólogos e hidrólogos en todo el mundo, con objeto de conseguir una mejor comprensión de los procesos hidrológicos

sobre los continentes. Se han citado ejemplos de cómo los ordenadores, los sistemas de datos, la información geográfica y los modelos de distribución con base física pueden proporcionar avances a la hidrología. Se ha tratado de unas nuevas directrices para la predicción de la precipitación y el análisis de la lluvia orográfica, y ésto hará necesaria una labor de equipo entre meteorólogos e hidrólogos. Cada cual puede dar mucho y ganar todavía más.

Un catalizador potencial para esta colaboración es el Experimento Mundial de la Energía y del Ciclo del Agua (GEWEX) (*Boletín de la OMM* 37 (3) pp. 176 a 181). Esta es una oportunidad para que los meteorólogos y los hidrólogos reconsideren importantes cuestiones científicas relativas al transporte de humedad y energía en la atmósfera. Se motiva a los hidrólogos para hallar soluciones prácticas para mejorar los modelos climáticos y pueden aportar una valiosa fuente nueva de información –los datos de escorrentía– que se pueden usar juntamente con los modelos hidrológicos para reducir la mayor fuente de incertidumbre en el flujo de calor latente continental, a saber, la precipitación y su efecto limitador en la evaporación sobre los continentes. Además, los modelos hidrológicos a meso y macroescala pueden ser útiles para el modelado de la humedad del suelo y la estimación de la evapotranspiración.

## HACIA UNA HIDROLOGIA OPERATIVA DEL MEDIO AMBIENTE

Por Ö. STAROSOLSZKY\*

Hace algunos decenios, la hidrología operativa trataba principalmente de los parámetros característicos de la cantidad de agua (por ejemplo el nivel y el caudal), pero los progresos de los dos decenios últimos han ampliado su actividad a la calidad del agua y a sus

sedimentos en suspensión, como se deduce de las muestras de calidad del agua.

El reconocimiento de los problemas del medio ambiente ha producido respuestas adecuadas en ciertos Servicios Hidrológicos nacionales, principalmente en lo relativo al agua

\* Presidente de la Comisión de Hidrología

de la superficie, pero en ciertos casos también al agua subterránea. Sin embargo, las acciones emprendidas han sido a menudo en forma de estudios especiales más que de programas de vigilancia regulares y continuados.

En el contexto de la "hidrología del medio ambiente", se pueden determinar las configuraciones siguientes:

- En muchos países del mundo, los aportes de agua y los desagües son suficientes para afectar al régimen hidrológico de las corrientes y los acuíferos, hasta el punto de que nunca más exista ningún régimen natural. Sin medidas o muestras de los aportes y salidas de agua, no se pueden elaborar series cronológicas realistas del balance hídrico. Por ello, es esencial ampliar las redes de estaciones tradicionales de aforo;
- El medio ambiente acuático necesita medidas de preservación y conservación. El grado de esas medidas se debería basar en una evaluación cuidadosa de los datos de las observaciones hidrológicas (por ejemplo, el caudal mínimo en un cierto tramo de un río) y se debería controlar;
- Las muestras de calidad del agua sin medidas del caudal proporcionan solamente datos de concentración y no la velocidad de transporte de los componentes. Preferiblemente deberían realizarse de forma simultánea medidas del caudal y muestreos de los contaminantes;
- Las secciones transversales de la corriente no se pueden considerar homogéneas para todos los parámetros de calidad del agua, por lo que se debería vigilar cuidadosamente la mezcla de los efluentes;
- Los incidentes de contaminación ambiental exigen medidas protectoras instantáneas y una actuación urgente de vigilancia y predicción por parte del correspondiente Servicio Hidrológico;
- Los desastres naturales necesitan métodos nuevos donde quiera que esté en peligro la seguridad de las personas; los Servicios Hidrológicos deben estar siempre preparados, especialmente en relación con las inundaciones repentinas, la rotura en las presas, los corrimientos de tierras, las erupciones volcánicas, etc.;
- La construcción de estructuras hidráulicas produce remansos y fugas, gradación o

degradación de los lechos del río y su funcionamiento puede influir en la distribución diaria del caudal. Las observaciones habituales, una o dos al día, en este caso son insuficientes para caracterizar el régimen de caudal y el caudal medio diario;

- La extracción de agua subterránea para el abastecimiento o para la minería y su devolución a la tierra después de usarla, puede que cause cambios artificiales en el régimen de agua del subsuelo y que afecte incluso a su calidad. Los programas de observación del agua subterránea deberían tener en cuenta estos cambios;
- La evaluación de las series cronológicas de datos hidrológicos puede ser la base de las valoraciones del impacto en el medio ambiente, y la correlación entre las diferentes series cronológicas puede explicar los impactos observados. En ciertos casos, las multas o la compensación pueden depender de las observaciones y de su evaluación;
- Actualmente es más rigurosa que antes la necesidad de exactitud para detectar los cambios y es necesario modernizar los instrumentos.

Los hechos precedentes demuestran lo importante que es que los Servicios Hidrológicos puedan: (a) incorporar variables nuevas (por ejemplo, parámetros hidrológicos) en sus redes de observación; (b) reaccionar ante las demandas socioeconómicas con una demora mínima y (c) estar adecuadamente dotados de personal (o que se pueda instruir apropiadamente al personal existente) para mantener estas mejoras.

Algunos ejemplos mostrarán lo importante que pueden ser las observaciones hidrológicas para estudiar el medio ambiente.

Una central nuclear grande utilizaba hasta el 30 por ciento del agua de un río cuando su caudal era mínimo. El canal de alimentación de entrada estaba diseñado para un cierto caudal mínimo del río, determinado a partir de series largas de observaciones del nivel del agua. Por cuestiones de seguridad, la central necesitaba un caudal mínimo cuando el nivel del agua en las bombas aspirantes estaba en el mínimo. Debido a trabajos inesperados de drenaje aguas abajo del canal de alimentación, se produjo una degradación del lecho del río y bajó el nivel del agua en el río y en el canal, lo que puso en peligro el funcionamiento seguro

de las bombas. Un estudio hidrológico demostró que se debería haber parado el drenaje del brazo principal del río para evitar más degradación aguas arriba.

Una central hidroeléctrica genera energía durante un período de estiaje gracias a dos descargas pico al día. Las curvas de porcentaje de las secciones de aforo situadas aguas abajo en un tramo de hasta 100 km de longitud no son muy útiles en estas circunstancias (varios meses cada año), debido al caudal inestable, cuando la cantidad de agua medida a las 07 horas no es representativa del caudal diario.

La calidad del agua de un río grande se ve afectada por los penachos de los afluentes y desembocaduras. Considerando sólo la salinidad como factor general, se pueden determinar las condiciones de mezcla (dilución) del río. Las desembocaduras importantes dentro de una ciudad grande se deberían estudiar cuidadosamente desde el punto de vista de seleccionar los lugares de muestreo de la calidad del agua y las secciones transversales de aforo.

Las observaciones del agua subterránea

muestran que se está produciendo un agotamiento grande en varios miles de kilómetros cuadrados de un acuífero arenoso.

La razón puede ser igualmente una retirada fuerte de agua subterránea profunda, las presiones reducidas o la deforestación que produce una mayor evapotranspiración.

Se citan estos cuatro ejemplos para demostrar que:

- Se debería mejorar la toma de datos hidrológicos por las consecuencias potenciales de las actividades humanas;
- La evaluación de los datos se debería relacionar con otros elementos del medio ambiente y con las actividades humanas;
- La hidrología "tradicional" debería evolucionar a hidrología "del medio ambiente".

Los hidrólogos de todo el mundo deben conocer los nuevos temas de interés y responder en consonancia.

## LA COLABORACION ENTRE LA OMM Y LA AICH EN HIDROLOGIA

### UNA ESPERANZA PARA EL FUTURO

Por VIT KLEMES\*

Cuando entramos en el último decenio del siglo veinte, la "colaboración" y la "coordinación" son, entre las tareas apremiantes de la ciencia internacional, a las que se apela con más frecuencia; de todas maneras son unos de los términos más ubicuos de las declaraciones y en los documentos oficiales de alto nivel. No obstante, tras esta benigna fachada, en la práctica puede que algunas veces "colaboración" se transforme en explotación del prestigio, la influencia, los recursos, etc., de los demás en provecho propio de algunos; mientras que "coordinación" a menudo no sea más que una palabra clave de la propensión a burocratizar, a crear una ilusión de acción mediante la formación de comités, cuya tarea

más tangible y difícil es la de decidir las fechas de su próxima reunión para que encajen en los calendarios, cada vez más repletos, de los miembros del comité.

Por lo tanto, en mi opinión, el reto principal que trae el nuevo decenio es el de oponerse al crecimiento constante de la burocratización y la politización de la ciencia internacional, invertir la tendencia actual y devolver a la ciencia a su legítimo primer puesto en todos los organismos científicos internacionales.

A este respecto, soy sorprendentemente optimista en lo que se refiere a la comunidad hidrológica internacional. En el pasado, la relación entre sus tres representantes principales (la AICH, y los programas

\* Presidente de la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (AICH)