

LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Por Z.W. KUNDZEWICZ*

Introducción

Los sistemas climático e hídrico están íntimamente relacionados. Ambos forman parte de un sistema mundial común que está potenciado por la energía del Sol. Los climas están catalogados como secos o húmedos según la disponibilidad de agua. Además, el clima controla en gran manera la cantidad y la variabilidad de los recursos hídricos disponibles en cada región. La información del clima pasado y actual es por tanto esencial en la planificación del desarrollo de cualquier recurso hídrico y las decisiones resultantes son fuertemente dependientes de la fiabilidad y exactitud de los datos climáticos que se posean.

Una variable de particular importancia para la gestión hídrica es el caudal fluvial, su magnitud y variabilidad en el pasado y su estado actual y el previsto para el futuro. En un lugar de interés en donde no pueda disponerse de datos de caudal, como ocurre a menudo, particularmente en los países en desarrollo, puede ser necesario estimar los caudales históricos a partir de los registros climatológicos (instrumentales o derivados).

Información y servicios climáticos para la gestión de los recursos hídricos

Existe una gran variedad de fines a los que servir dentro de los proyectos de gestión hídrica, tales como el suministro de agua, la protección de inundaciones, la irrigación, la generación de energía, la navegación, el control de los sedimentos y la recarga de las aguas subterráneas. Recientemente, están teniendo una importancia creciente una serie de objetivos como la mejora de la calidad del agua, incluyendo el control de salinidad, la pesca y la conservación de la vida silvestre y protección de la biodiversidad. Además se han tenido en cuenta las necesidades recreativas y estéticas, así como distintos requerimientos culturales y religiosos. Por tanto, la mayoría de los proyectos hídricos sirven en la actualidad para fines múltiples.

La información climatológica básica necesaria para los proyectos hídricos es la relativa a la precipitación y la evaporación, así como su distribución espacial y crono-

lógica. Para determinar la evaporación, que con frecuencia es un dato deducido, se requiere información de la temperatura y de otras variables meteorológicas. La información de la precipitación y de la evaporación también es necesaria en estudios de viabilidad, en la planificación y diseño de proyectos hidroeléctricos, en la reducción de la contaminación (incluyendo el recrecimiento de caudales bajos), en el control de la salinidad y en la recarga de acuíferos. En la planificación de programas de irrigación se utilizan datos climatológicos para determinar los requerimientos hídricos de los cultivos y la demanda de agua de riego. También es indispensable la información climática en los estudios de demanda doméstica de agua, necesidades residenciales (jardines, césped y piscinas), uso de agua para la ganadería y uso industrial, tal como sistemas de refrigeración en industrias y centrales de energía.

Pueden necesitarse datos climatológicos especiales en algunos proyectos de gestión hídrica. Si el tema es la navegación, puede ser necesaria la información sobre la cubierta de hielo (temperatura, fechas de formación y rotura de los hielos) y la distribución de la fusión nival. En el control de inundaciones es esencial el conocimiento de la frecuencia e intensidad de las más importantes tormentas del pasado. En zonas con escasez de agua, o donde virtualmente no existe, y la niebla es una fuente fundamental en el suministro de agua, son importantes los datos de humedad del aire y de ocurrencia de nieblas.

La información climática es indispensable en los estudios generales de gestión hídrica, por ejemplo en la etapa de cálculo regional de balances hídricos. Al comprobar dicho balance hídrico basado en los datos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía, uno puede encontrar discrepancias. De esta forma, se pueden identificar los datos erróneos o inadecuados y, como un subproducto valioso, justificar la necesidad de correcciones de la precipitación o una modificación de la red de estaciones, redistribuyendo, por ejemplo, los pluviómetros para hacer más verosímil la distribución superficial media.

Almacenamiento de agua

El componente básico en la mayoría de los programas de gestión hídrica es un embalse para almacenar el agua, que sirve convencionalmente para fines múltiples como

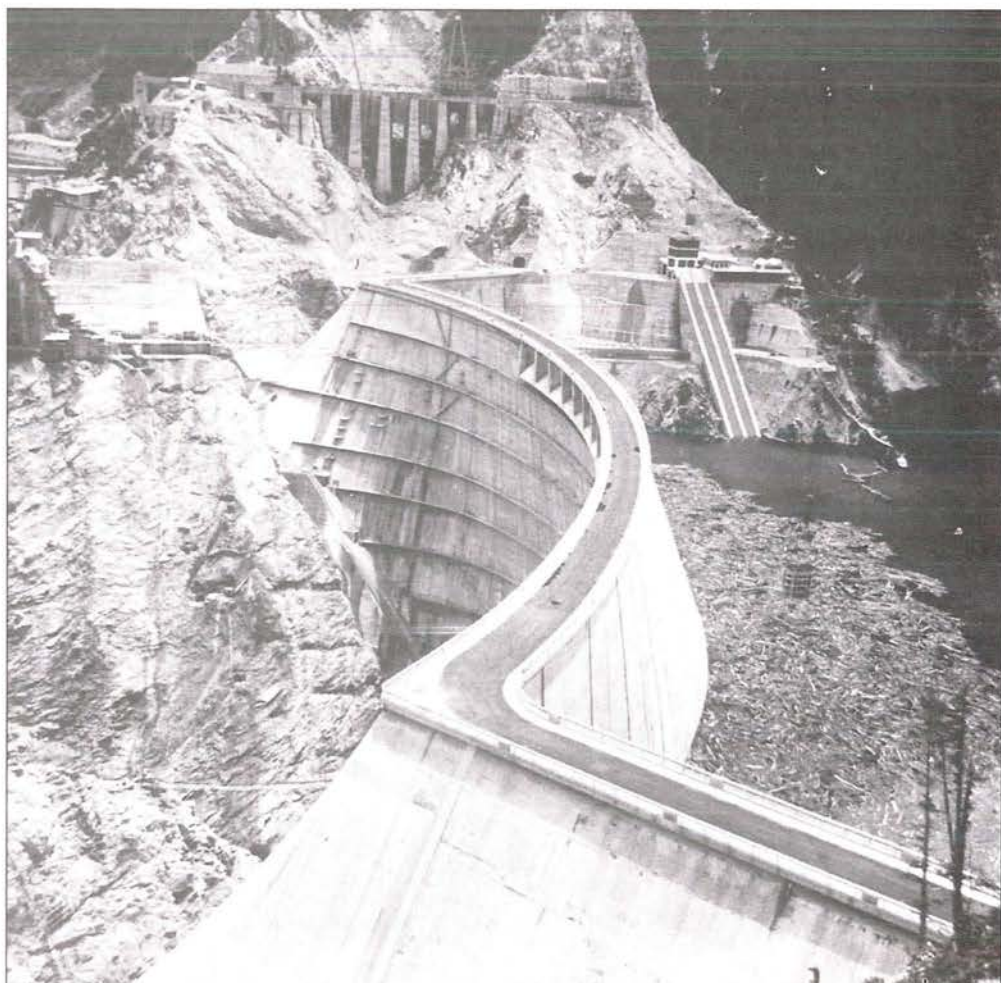
* Academia de Ciencias de Polonia

la protección contra inundaciones, el suministro de agua y la producción de energía. La información climática tiene un papel importante tanto en el diseño del embalse como en su funcionamiento. En la fase de diseño, la estimación de la capacidad de agua embalsada se basa en las series temporales de los caudales que llegan y, en zonas sin medidores, estos deben deducirse de la información climatológica disponible. Las pérdidas estimadas de un embalse son de extrema importancia en climas cálidos y secos, en los que la cantidad anual de agua libre evaporada puede superar los 2 500 mm. Es discutible el tema de la viabilidad de un embalse sujeto a una evaporación excesiva. En muchos embalses los aliviaderos tienen un coste importante y la información climatológica es fundamental para tomar una decisión óptima respecto a su tamaño y a las características de su caudal.

La calidad del diseño de una presa dependerá de la disponibilidad y exactitud de las condiciones más impor-

tantes de su ubicación. Si la información no es la adecuada, debe introducirse un margen de seguridad que puede crear un sobrediseñado e incurrir en costes adicionales. Muchas presas permanecen vacías, produciendo en consecuencia un derroche de millones de dólares para recursos financieros escasos, debido a una pretensión superoptimista basada en datos inadecuados. Por el contrario, se han producido fallos en presas debido a una subestimación de la magnitud de las inundaciones, que de nuevo son consecuencia de la inadecuación de los datos disponibles.

Los servicios climáticos son asimismo necesarios para determinar las normas de funcionamiento de los embalses. De entrada, existe un conflicto entre la gestión de los embalses para el control de inundaciones y las necesidades de conservación. Si supiéramos de antemano que está al llegar un período seco y cálido, el operador del embalse podría aliviar solamente una pequeña



El éxito de una presa depende de la disponibilidad y exactitud de la información relativa a su ubicación en la etapa de diseño

Fotografía: Kansai Electric Power Company (Japón)

cantidad de agua; justamente la suficiente para cubrir las necesidades mínimas establecidas para el mantenimiento de la vida biológica aguas abajo. De forma alternativa, si se espera abundante precipitación, el operador puede aliviar gran cantidad de agua, creando el espacio adicional para que se acomode la onda de inundación. Si llega de forma inesperada un fuerte caudal y el embalse está lleno, el operador debe aliviar rápidamente una gran cantidad de agua, causando posiblemente una inundación aguas abajo. Si la capacidad de aliviado no es la adecuada, el agua puede sobrepasar la presa, comprometiendo su seguridad y arriesgándose a una brecha o a la rotura de la presa y a la creación de una inundación catastrófica aguas abajo.

Prevención de catástrofes

La gestión de los recursos hídricos trabaja para mitigar los fenómenos hidrológicos extremados que son de origen climático, inundaciones y sequías, y en ambos casos es necesaria la información climatológica.

Cuando hay que tomar en consideración estructuras para la protección de inundaciones (diques, presas y embalses para el control de inundaciones) o medidas no estructurales (zonificación de llanuras anegables, predicción de inundaciones), es esencial la información clima-

tológica. El diagrama frecuencia-intensidad de la precipitación y el diseño deducido de tormentas, son necesarios para obtener las hipótesis de caudales con las que se diseñan los drenajes de tormentas en zonas densamente pobladas; las inundaciones pueden no ser amplias en términos absolutos, pero sus daños potenciales son grandes.

La alimentación climática es también esencial en la mitigación de los efectos de la sequía. Existe un espectro completo de medidas que pueden tomarse como respuesta a una predicción de condiciones de sequía. Glantz (1982), ha registrado un caso en el que la predicción de sequía en una cuenca de América del Norte, disparó una serie de actividades tales como perforación de pozos, trasplante de cultivos perennes a otras zonas y subsidios a los agricultores con cosechas anuales, para que dejaran sus tierras en barbecho. Si se conoce la antelación de la predicción de la sequía, puede conseguirse el mayor éxito en los preparativos. Sin embargo, al igual que con las inundaciones, las predicciones inexactas pueden dar lugar a problemas importantes. En el ejemplo ofrecido por Glantz (1982), la predicción de la sequía demostró ser errónea y llegaron abundantes lluvias. Como consecuencia, un cierto número de personas demandaron al Gobierno de los EE. UU., reclamándole compensaciones



Inundación en Montezuma, Georgia, EE. UU., en julio de 1994; en el control de inundaciones es esencial el conocimiento de la frecuencia e intensidad de las tormentas del pasado. El drenaje urbano inadecuado provoca frecuentes inundaciones en zonas densamente pobladas; las inundaciones pueden no ser amplias en términos absolutos, pero sus daños potenciales son grandes

Fotografía: Johnny Crawford

por el coste de las actividades emprendidas a causa de la predicción inexacta.

Variabilidad y cambio climáticos

La gestión de los recursos hídricos ha estado basada tradicionalmente en la hipótesis de un estado estacionario, es decir, un clima sin cambios. Sin embargo, las anomalías en las sequías observadas durante el último decenio en el Sahel y una serie de inundaciones recientes de magnitud excepcional (p.ej. las del río Mississippi y las del Rin), pesan mucho como para pensar que la hipótesis estacionaria es un tema especializado. Muchos estudios han señalado cambios en la frecuencia de las configuraciones de la circulación meteorológica predominante y las empresas aseguradoras están empezando a preocuparse por el incremento de las reclamaciones compensatorias que siguen a las catástrofes naturales relacionadas con el agua.

La predicción del clima futuro y la detección del cambio climático son por consiguiente de considerable importancia para la gestión hídrica, son básicas para planificar aquellos elementos de la infraestructura hidráulica que van a ser válidos hasta un horizonte cronológico amplio, desde varios decenios hasta un siglo, y más allá. Las predicciones climáticas basadas en el fenómeno del ENOS han tenido un papel importante en la predicción de sequías con un tiempo de antelación de varios meses a un año. Este tiempo de antelación es suficientemente amplio para preparar las medidas a tomar.

Si los estudios del cambio climático tienden a la previsión de un cambio importante en los extremos hidrológicos para un mundo más caliente, entonces las consecuencias respecto a las normas prácticas del diseño de embalses las harán más restrictivas. Uno tendrá que diseñar y construir volúmenes de almacenamiento mayores para acomodar grandes ondas de inundación y cubrir mejor la creciente demanda de agua durante las prolongadas y cada vez más frecuentes e intensas sequías. La infraestructura existente no puede garantizar el nivel de protección adecuado y puede necesitar ser rediseñada.

Kaczmarek (1995), lideró un grupo de expertos que estudiaron las posibles consecuencias del cambio climático en la gestión de los recursos hídricos. Basándose en la amplia literatura de investigación, se encontró que una serie de parámetros básicos para la disponibilidad de agua podían cambiar en un mundo más caliente. Son posibles los cambios en las configuraciones estacionales y mensuales y en los valores extremos de las variables hidrológicas, regidos en gran manera por las condiciones climatológicas. Es un hecho cierto el aumento en la demanda de riego en un mundo más cálido y más populoso; el incremento de la precipitación puede encontrarse

eventualmente equilibrado por una elevación de la temperatura. Es probable un cambio en el potencial hidroenergético y su distribución cronológica. Puede cambiar la duración de la estación en la que un río ofrece una profundidad para la navegación. También se prevén consecuencias para los ecosistemas y para la calidad del agua. El cambio climático puede influir en las pesquerías: al ser reemplazadas especies de agua fría por las de agua cálida.

Se está buscando una señal del efecto invernadero en las series temporales de los datos hidrológicos pero todavía no se ha encontrado ninguna de suficiente importancia. El tema del cambio climático ha traído mucha confusión entre los grupos dedicados a la planificación y el diseño que tienen dudas sobre cómo proceder. ¿Es razonable ignorar la débil señal "invernadero", simplemente por la gran incertidumbre que implica? Si no, entonces ¿cómo tenerla en cuenta? Las estimaciones de los modelos en los cambios en la precipitación media anual son con frecuencia discrepantes cuando se aplican

Anuncio de publicación ***Regional Satellite Oceanography*** ***(Oceanografía Regional mediante Satélite)***

Por Serge Victorov. Taylor & Francis Ltd., Reino Unido (1996). 312 páginas; ilustraciones a color y en blanco y negro; encuadernado ISBN 0-7484 0273 X. Precio: 44,95 libras esterlinas; en rústica ISBN 0-7484 0274 8. Precio: 24,95 libras esterlinas

Las imágenes que proporcionan los satélites en las bandas del visible, infrarrojo y microondas y las imágenes del radar de visión lateral, cuando son procesadas correctamente, junto con datos importantes obtenidos *in situ*, se muestran como una fuente fiable de información científica y de administración para la oceanografía regional, el control ambiental de áreas costeras e industrias dependientes del medio marino. Este es el primer libro que se publica sobre la materia y está dividido en varios temas: la interacción entre la oceanografía y las mediciones remotas (teledetección); información e instrumentación; sensores y satélites; metodologías y experiencias obtenidas en Australia, la región del Báltico, Francia, India, Noruega y los EE. UU.

a una pequeña escala hidrológicamente importante, tal como la cuenca de un río. Se reconoce que los modelos climáticos existentes no son todavía capaces de ofrecer resultados útiles para hacer correcciones en las normas de diseño hidráulico, a la escala espacial de una cuenca fluvial.

La comunidad hidrológica y de los recursos hídricos está, por lo tanto, vigilando con mucho interés los progresos en el campo de la información climática y en el de los servicios de predicción comprendidos en los CLIPS.

Referencias

GLANTZ, M.H., 1982: Consecuencias y responsabilidades

en la predicción de sequías: el caso de Yakima. *Water Resour. Res.*, **18**, 3-13.

KACZMAREK, Z., 1995: Gestión de los recursos hídricos. *Cambio Climático 1995—Impactos, adaptación y mitigación del cambio climático: análisis científico y técnico*. Contribución del Grupo de Trabajo II al informe de la Segunda Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático, Capítulo 14. Cambridge University Press.

OMM, 1994: *Guía de Prácticas Hidrológicas* (quinta edición), OMM- N° 168, Ginebra, Suiza.



SERVICIOS CLIMÁTICOS Y DESARROLLO URBANO

Por Yadowsun BOODHOO*

El desarrollo urbano se extiende por todo el mundo a gran velocidad; en la mayoría de los casos, superior a la que sería deseable. Se espera que a finales de siglo casi la mitad de la población del mundo residirá en zonas urbanas. En el año 2025 esta proporción puede llegar a las dos terceras partes. Las ciudades estarán mucho más superpobladas o se expandirán para invadir las zonas circundantes, o ambas cosas. La urbanización conduce con frecuencia a la reducción de las zonas verdes y al aumento del hormigón y del acero, a más vehículos e industrias, a mayores emisiones de contaminantes y a la disminución del aire puro, a un aumento de calor, conocido ordinariamente como la "isla de calor urbano". Cada millón de personas de una ciudad genera, cada día, 25 000 toneladas de un gas invernadero, el dióxido de carbono, y 300 000 toneladas de aguas residuales; un auténtico quebradero de cabeza si estas emisiones no se tienen en cuenta durante la etapa de planificación.

Al contemplar muchos edificios y ciudades "modernas" se pone de manifiesto que los factores climáticos no se tuvieron en cuenta de forma sensata, en detrimento del bienestar y de la salud humanas y del medio ambiente urbano. Mientras que al menos algunas naciones tienen la capacidad de absorber las tensiones creadas por el proceso de urbanización, los países jóvenes se tendrán que enfrentar, sin duda, con inmensas limitaciones financieras cuando tengan que poner remedio a los efectos

negativos derivados de una planificación inadecuada. Por consiguiente, es necesario planificar de forma juiciosa, teniendo en cuenta el efecto global de las nuevas áreas urbanas. Para poder conseguir esto, los planificadores y los gobernantes necesitarán de servicios climáticos.

Es vital evaluar el régimen térmico de una ciudad y de sus alrededores. Después, y sólo después, pueden estimarse los cambios potenciales de temperatura que son probables que se originen por el proceso de urbanización. Los árboles a lo largo de las calles y en los parques no sólo embellecen el ambiente y proporcionan sombra durante la estación cálida sino que también absorben los contaminantes. Las zonas verdes y las superficies de agua, si son suficientemente extensas, pueden crear microclimas con vientos locales y contribuir a disminuir en varios grados la temperatura del ambiente, reduciendo, en consecuencia, la necesidad de aire acondicionado y la correspondiente demanda de energía eléctrica.

Los servicios climáticos podrían también proporcionar información acerca de los tipos de edificios más apropiados para el clima y sobre la elección de los materiales de construcción. Los diseños serán diferentes según las condiciones climáticas predominantes, p.ej., cálido y húmedo; cálido y seco; mediterráneo; cálido y sabana; o zonas frías. En cada una de estas áreas tendrán un papel importante el albedo de la superficie, los tipos de suelo (arenoso o rocoso) y las horas de sol despejado.

Cuando se cambia el uso del suelo de agrícola a residencial, es probable que tengan lugar cambios en la

* Servicio Meteorológico, Vacoas, Mauricio, y Vicepresidente de la Comisión de Climatología de la OMM