

con el agua son tan importantes como los terremotos, las erupciones volcánicas y otros fenómenos naturales similares. Por supuesto la CHi en su reunión de Ginebra de noviembre de 1988 consideró que la hidrología debía ser un elemento importante en el Decenio. En cualquier caso he propuesto que el trabajo que realice aquí el grupo de recursos hídricos deberá extenderse para incluir actividades que sean apropiadas para el Decenio.

H.T.– Mi última pregunta es la de siempre. ¿Qué consejo daría a un joven que pensara seguir la carrera de hidrología?

Z.K.– Quiero señalar que la hidrología es una ciencia natural que depende de una variedad de factores tanto de otras ciencias naturales (como la meteorología y la geología) como de ciencias sociales (demografía, economía y utilización del territorio). Por tanto, es esencial estar preparado para abordar la materia desde un amplio frente de manera que se obtenga mayor penetración de la interacción entre la hidrología y esas otras disciplinas. En particular me gustaría hacer énfasis en la importancia de estudiar por completo los mecanismos por los cuales el tiempo y los elementos climáticos influyen en los fenómenos hídricos de manera que cuando uno quiere simular estos procesos tiene que basarse en esta completa percepción.

H.T.– Profesor Kaczmarek, ha sido una entrevista muy interesante e ilustradora. Muchas gracias, espero que la comunidad hidrológica y también las demás continúen beneficiándose de su experiencia y sabiduría por mucho tiempo.

EL SISTEMA CLIMATICO MUNDIAL EN 1988

Las principales anomalías y eventos climáticos de 1988 están representados en las *Figuras 1 y 2*. Los más significativos se discuten en los siguientes párrafos. Una información más detallada, incluyendo un análisis completo, aparece en los boletines mensuales del proyecto Control del Sistema Climático; estos boletines son editados por la Secretaría de la OMM.

El Niño/Oscilación del Sur

El año comenzó con el desplazamiento hacia la normal de la media móvil de cinco meses del Índice de la Oscilación del Sur (IOS). La mayoría de los índices del Pacífico Tropical y de las configuraciones de las anomalías del viento zonal reflejaron esta tendencia. Por primera vez prevalecieron sobre la cuenca durante más de un año fuertes anomalías del viento zonal del Este a 850 hPa. Las anomalías positivas de la temperatura de la superficie del mar (SST) disminuyeron a lo largo de las regiones de *El Niño*.

En enero de 1988, Tahití registró la mayor desviación positiva de la presión a nivel del mar de los últimos dos años. Darwin también experimentó una desviación positiva bastante acusada. Así, debido a la naturaleza en fase de estas anomalías, el IOS fue próximo a cero. La tendencia del IOS en la dirección positiva se mantuvo a lo largo del año, tal como se representa en la *Figura 3*, y se acomodó con la fase del índice alto de la Oscilación del Sur. Esta fase de índice alto se caracteriza en muchos aspectos por condiciones direc-

tamente inversas a aquellas asociadas con la fase de índice bajo (*El Niño*). La fase de índice alto se representa por los siguientes rasgos del Pacífico ecuatorial: la TSM por debajo de lo normal, un fuerte flujo del Este en superficie y un fuerte flujo del Este en los niveles altos (200 hPa).

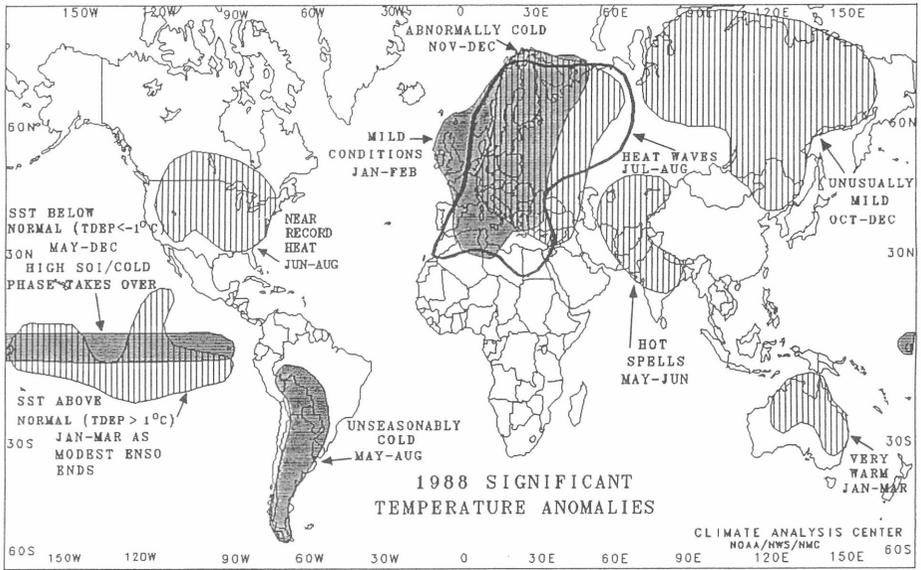


Figura 1.-Principales anomalías de la temperatura en 1988.

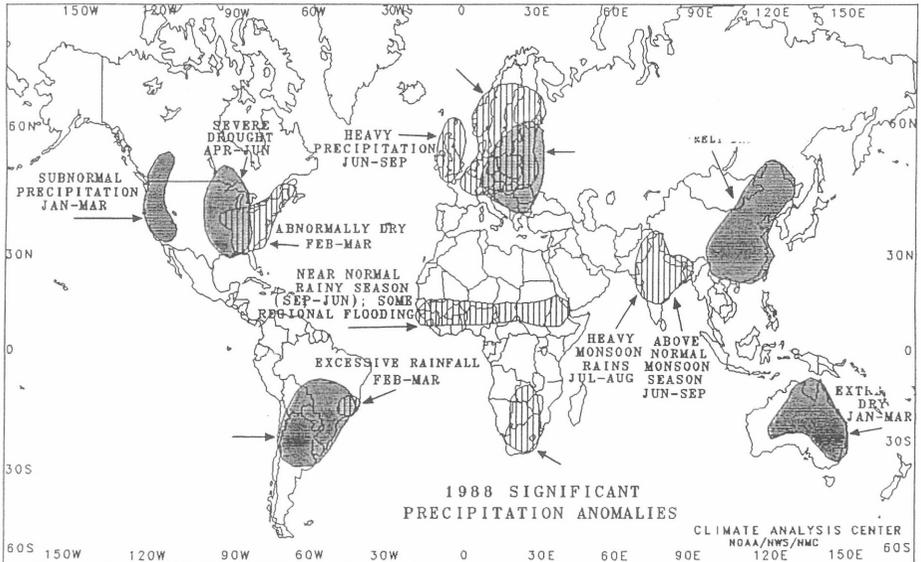


Figura 2.-Principales anomalías y episodios de la precipitación en 1988.

Hacia finales de año, el IOS había alcanzado un nivel de anomalía positiva casi igual al de 1973/74 y 1975. La *Figura 4* muestra la configuración típica de la anomalía de la precipitación asociada a la fase altamente positiva del IOS (para más detalles véase Ropelewski y Halpert en el *Journal of Climate*, marzo de 1989).

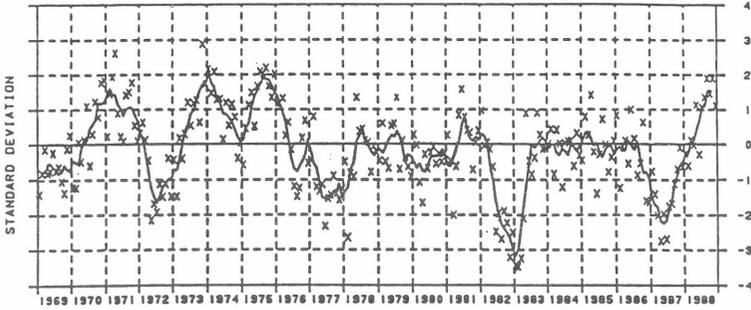


Figura 3.—Medias móviles de cinco meses del Índice de la Oscilación del Sur representado por la diferencia entre las anomalías de la presión al nivel del mar en Tahití y en Darwin.

Asia

En China, durante la mayor parte de 1988, predominaron configuraciones de precipitación altamente variables. Generalmente los períodos excepcionalmente secos sucedieron a períodos excepcionalmente lluviosos con un intervalo de tres a cuatro semanas desde abril hasta finales de septiembre. Pero desde principios de octubre muchas zonas de China oriental tuvieron una significativa falta de precipitación; los déficits fueron particularmente grandes en las provincias habitualmente lluviosas del sureste. (Sin embargo, son corrientes a través de China oriental grandes desviaciones en la precipitación para este período de tres meses). En contraste, se registró un exceso de precipitación en el extremo suroeste y en la parte occidental del centro de China.

Sobre el sur del centro de Asia se experimentó un tiempo muy cálido con una grave ola de calor en mayo y junio, pero con el inicio del monzón las altas temperaturas se limitaron a los distritos del norte.

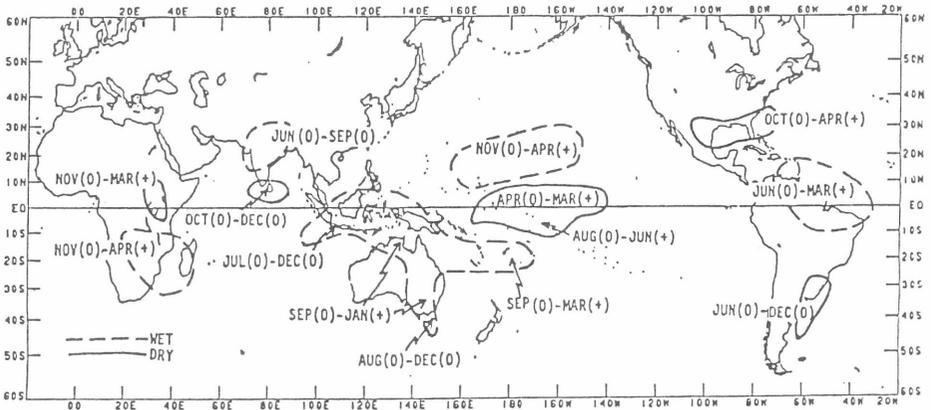


Figura 4.—Anomalías de la precipitación regional que parecen estar asociadas con la fase alta del Índice de la Oscilación del Sur (según Ropelewski y Halpert).

La época del monzón de la India (verano) es típico que se produzca desde junio hasta finales de septiembre, y supone el mayor aporte de la lluvia anual en el subcontinente indio. El monzón de 1988 provocó una precipitación superior a la normal sobre la mayor parte de Pakistán, la India y Bangladesh. En septiembre las lluvias torrenciales en el noroeste de India y en Nepal agravaron los caudales aguas abajo con inundaciones en Bangladesh. Además, la lluvia fuerte a finales de septiembre provocó inundaciones en India y en el estado de Punjab, en Pakistán. En conjunto, la mayoría de los observatorios en India y Pakistán registraron cantidades estacionales de lluvia superior a la normal, especialmente en el noroeste de India y Pakistán, donde en 1987 el monzón no se estableció en forma completa dando lugar a una grave sequía. (Hay que hacer notar que en 1987 hubo un episodio *El Niño* y que aquí era de esperar lluvia inferior a la normal; 1988, con su alto IOS, fue asociado a precipitación superior a la normal).

Un tiempo suave, poco común, predominó sobre el sureste de Siberia, noreste de China y Corea durante octubre y noviembre. Las condiciones cálidas se extendieron lentamente hacia el oeste de forma que hacia mediados de diciembre las temperaturas eran bastante superiores a las normales sobre una gran parte de Siberia.

Africa

Al igual que el monzón de la India, la época de lluvias en el Sahel normalmente tiene lugar desde junio a septiembre. En contraste con la anormal sequía de los últimos decenios, la precipitación de este año fue en general próxima o superior a la normal (véase *Figura 5*). No obstante, los datos de Chad, Nigeria y de Sudán son incompletos. Las imágenes METEOSAT y las observaciones de superficie indicaron lluvias fuertes en partes de Nigeria y en Sudán durante septiembre, que dieron lugar a inundaciones, y la situación en Sudán se agravó por las inundaciones río abajo debidas a las abundantes lluvias en las tierras altas del centro de Etiopía.

Los totales de la precipitación estacional variaron según la latitud, registrando las mayores cantidades los observatorios próximos al Ecuador y las menores los situados más al norte. Las condiciones anormalmente secas se limitaron al sureste de Mauritania, al centro de Malí, al sureste de Burkina Faso y a algunas partes del norte de Benin y de Togo. La época de lluvias llegó próxima a su normalidad a finales de septiembre. Sin embargo, las lluvias fuertes a mediados de octubre sobre el sur de Sudán y zonas próximas de Etiopía provocaron algunas inundaciones y unos niveles de caudal anormalmente altos en el Nilo.

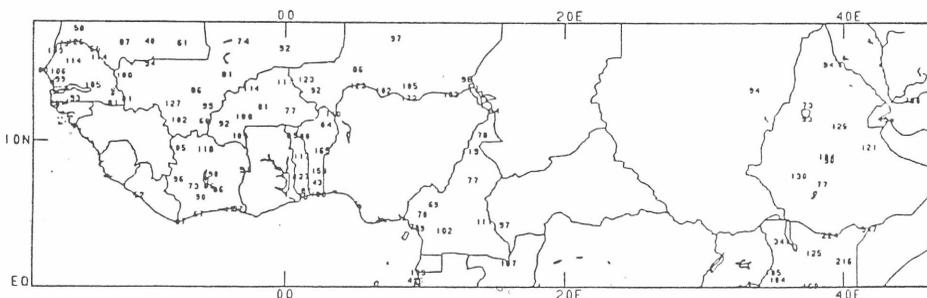


Figura 5.—Precipitación durante la época lluviosa del Sahel (junio-septiembre) en 1988, expresada como un porcentaje de la normal. (Estos valores están basados en datos preliminares, y sólo se dan donde hay disponibles datos de 109 días o más). Sólo en unas pocas zonas el total estacional resultó inferior al normal.

Además de la precipitación normal o superior a la normal en la región del Sahel, se registraron precipitaciones muy fuertes en Botswana y en Zimbabwe en febrero, extendiéndose hacia el sur de África durante el mes de marzo. Hasta primeros de abril no volvieron las condiciones secas.

América del Norte

Durante 1988, se produjo una grave sequía en América del Norte. Extensas zonas de Canadá y de los Estados Unidos de América tuvieron, durante la primavera, una lluvia inferior a la mitad de lo normal. A esto le siguió el tiempo más seco y caluroso de los últimos 90 años en las Rocosas, las praderas de Canadá, los Grandes Llanos y el sureste de los EE.UU., con el calor agravando las condiciones de sequía. Las lluvias generalizadas durante finales de julio y agosto mejoraron las condiciones de humedad a corto plazo, pero serán necesarios varios meses con exceso de precipitación para que los acuíferos y los niveles de los ríos vuelvan a la normalidad.

Actualmente están en curso investigaciones para ver la relación entre el agua fría en la superficie del Pacífico y los cambios generales en las configuraciones normales de la circulación de la atmósfera, que pueden dar lugar a un desplazamiento del chorro polar hacia una posición más al norte sobre el continente de América del Norte, asociado a un desplazamiento hacia el norte de las trayectorias de las borrascas y a una anomalía seca sobre el continente.

América del Sur

Durante febrero, gran parte de las regiones costeras y montañosas alrededor de Río de Janeiro sufrieron lluvias torrenciales. La distribución de la lluvia fue bastante desigual, con fuertes trombas de agua durante episodios de un día o dos y períodos secos intermedios. Esta configuración afectó al área de Sao Paulo en marzo. El tiempo fue muy frío en la mayor parte de los tercios australes del continente desde mediados de mayo hasta finales de julio. Tras un breve paréntesis de temperatura normales, volvió el tiempo frío penetrando las heladas hacia el norte y afectando a las regiones de cultivo de café de Brasil. Sin embargo, hacia finales de agosto, pasó este peligro. La mayoría de la parte central y oriental de América del Sur tuvo una época seca que empezó en julio. La estación de primavera, normalmente lluviosa (septiembre a noviembre) mostró un acusado déficit de lluvias; los fuertes chubascos de octubre sólo supusieron un alivio local, pero las abundantes lluvias de finales de diciembre han hecho que mejore sustancialmente la situación de sequía sobre la mayor parte de la zona. Esta anomalía de la precipitación también puede relacionarse con el alto IOS antes citado.

Europa

Las anomalías fueron extremadamente diversas sobre el continente europeo durante 1988. Alternaron períodos secos y lluviosos, cálidos y fríos que se apartaron mucho de sus amplitudes habituales.

Enero y febrero fueron muy suaves sobre la mayor parte de Europa. A principios de enero las condiciones más cálidas se dieron sobre Europa central y las Islas Británicas. Las temperaturas superiores a las normales de enero sobre Europa se extendieron hacia el norte de África, pero estas anomalías disminuyeron a finales de febrero.

Durante febrero y marzo hubo fuertes precipitaciones desde el sur de Escandinavia hasta Suiza. Un breve período seco, a principios de abril, fue seguido nuevamente por fuertes

precipitaciones, pero a principios de mayo un tiempo seco poco común se extendió sobre gran parte de una porción de Europa occidental y central, extendiéndose a finales del mes a toda Europa central y meridional. El peligro de sequía remitió con las lluvias de mediados de junio.

Las temperaturas fueron superiores a las normales sobre Europa y el norte de Africa, desde principios de julio hasta finales de agosto, y a esto siguió un tiempo frío poco usual sobre gran parte de Europa oriental, desde finales de octubre hasta finales de noviembre. En diciembre, las condiciones anormalmente frías se limitaron a Finlandia, a Grecia y al Medio Oriente. A finales de año prevalecían los déficits de precipitación sobre el sur de Europa.

Australia

Los dos tercios de Australia oriental tuvieron un tiempo anormalmente seco durante enero y principios de febrero. Hacia mediados de febrero se registraron condiciones próximas a lo normal, pero en general las condiciones cálidas y secas finalizaron con las fuertes lluvias de finales de marzo.

Durante el invierno del hemisferio sur (junio a agosto de 1988) la mayor parte de Australia oriental tuvo una precipitación superior a la normal. Dada la tendencia positiva del IOS a lo largo del año, esta situación era esperada. Sin embargo, condiciones secas y cálidas poco habituales persistieron durante seis semanas, en la primavera, en numerosas zonas de Australia oriental hasta que lluvias moderadas a fuertes, durante la mitad y finales de noviembre, aliviaron la situación. La precipitación en esta zona durante diciembre fue normal o ligeramente superior a ésta.

K. D. D.

UN ESTUDIO DE LA HIDROLOGIA OPERATIVA EN LA OMM

Por O. STAROSOLSZKY*

La Hidrología es la ciencia que trata del agua que se halla por encima y por debajo de la superficie terrestre, su aparición, circulación y distribución, tanto en la cronología como en el espacio, sus propiedades biológicas, químicas y físicas y sus reacciones con el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos¹.

El agua es una sustancia simple pero extraordinaria. Cubre las dos terceras partes de la superficie de la Tierra y es básicamente necesaria para toda la vida. La disponibilidad de suministros de agua potable ha sido siempre un factor crucial en el desarrollo de las naciones y su dependencia no disminuirá en el futuro.

* Este artículo es una adaptación del discurso presidencial del Dr. Starosolszky a la octava reunión de la Comisión de Hidrología (*Boletín de la OMM* 38 (2) pp. 134-138).

Los recursos hídricos totales de nuestro planeta son los siguientes:

Conjunto de toda el agua dulce	$35 \times 10^6 \text{ km}^3$ (2,5% del total)
Agua superficial (lagos, embalses, ríos)	$3,8 \times 10^6 \text{ km}^3$ (0,27% del total)
Escorrentía anual	$46\,800 \text{ km}^3$
Tiempo medio de residencia en los ríos	16,5 días
Tiempo medio de residencia en los lagos	17 años

El mapa de la *figura 1* (debido a Shiklomanov²) muestra, a *grosso modo*, las zonas terrestres con un excedente neto y un déficit neto de agua superficial. Esta disparidad entre las cantidades de agua de las que puede disponerse en las distintas partes del mundo indica que son de gran importancia las funciones de la administración nacional del agua.

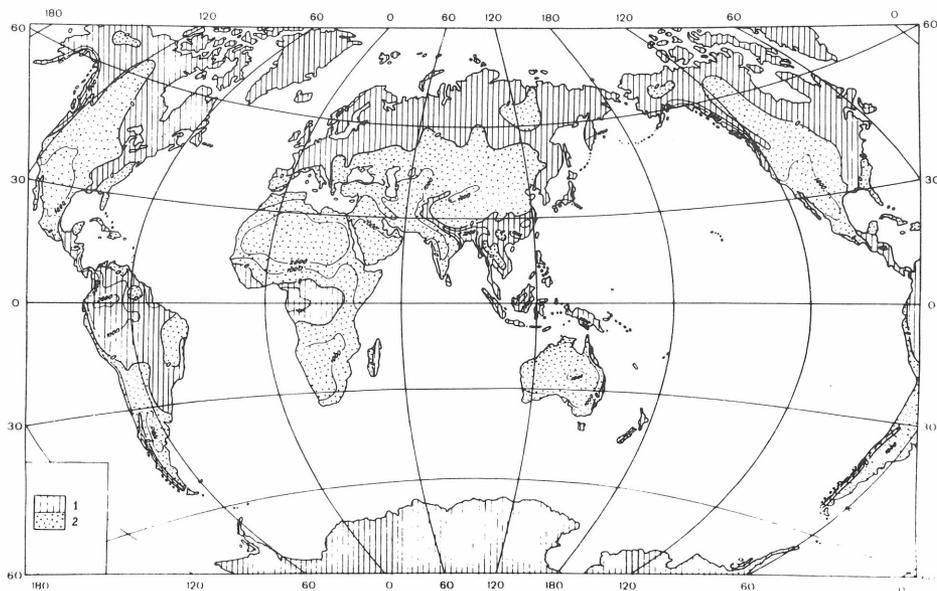


Figura 1. – Zonas con excedente (1) y déficit (2) de agua (mm, según Shiklomanov).

Las siguientes tablas compuestas muestran las cantidades de agua utilizadas (*a*), y consumidas (*b*) (es decir, el agua que no es posible reutilizar). En 1984, la mayor parte del agua se destinó a usos agrícolas e industriales, sólo cerca del 7,5 por ciento fue para fines domésticos.

Tabla 1 - Uso y consumo del agua efectivo y previsto

(en km³)

En 1984			En el año 2000 (previsto)		
	Usados	Consumidos		Usados	Consumidos
TOTALES	4000	2200	TOTALES	6000	3000
<i>Fin</i>			<i>Continentes</i>		
Doméstico	300	150	Africa	400	250
Industrial	1200	150	Asia	3200	2000
Agricultura	2500	1900	Europa	800	250
			América del Norte	1300	300
			América del Sur y otras partes	300	200

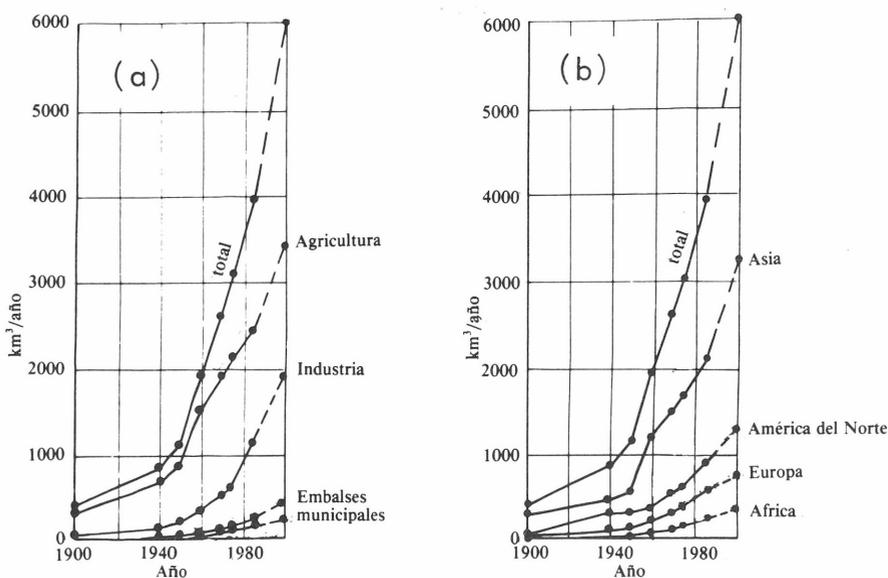


Figura 2. - El creciente volumen de agua usada en el mundo: (a) por sectores, y (b) por regiones, según Shiklomanov.

Como se pone de manifiesto en la *figura 2*, la cantidad de agua usada ha aumentado mucho en los últimos años como resultado de un desarrollo social, agrícola e industrial. A comienzos de este siglo el volumen de agua usada era solamente una décima parte de la que se está usando en la actualidad y a finales del siglo se espera que la demanda alcance los 6000 km³ por año. Hoy es difícilmente concebible el desarrollo económico y social sin el uso racional de los recursos hídricos. Para enfrentarse a las crecientes necesidades de agua para producir alimentos y energía puede ser necesario transferir suministros mediante conducciones gigantescas y almacenar agua en embalses. Además, considerando que en el pasado fueron las propiedades físicas del agua a las que se concedió mayor importancia, en la actualidad se está otorgando más y más importancia a sus propiedades químicas y biológicas, debido a la necesidad de una administración del agua que resulte más medioambiental. Estos hechos indican la necesidad de mejorar la ciencia de la hidrología y sus aplicaciones.