



Administración del agua en época de escasez

Sandra Postel

Colección Universo del Agua
Serie Agua y Ecología

**Administración
del agua en
época de escasez**

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

COMISION NACIONAL DEL AGUA

Administración del agua en época de escasez

Sandra Postel

Diseño y Producción
Subcoordinación Editorial, IMTA

Título original en inglés
Water: Rethinking Management in an Age of Scarcity

Traducción de Virginia Ugalde

Colección Universo del Agua
Serie Agua y Ecología

© Worldwatch Institute, 1984
© Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1991
Primera edición
Reservados todos los derechos
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos
Tel. 19 39 57 19 40 00 ext. 122
Fax (73) 19 39 46
Hecho en México
Made in Mexico

INDICE

Introducción	7
El ciclo hidrológico y los recursos renovables	9
Usos competitivos	15
Consecuencias de una mala administración	25
Abastecimientos seguros	37
Medidas de conservación de agua	51
Prioridades para una nueva economía del agua	63

Introducción

Al igual que la energía, el agua es esencial para casi toda actividad humana. Su disponibilidad es vital para satisfacer las necesidades de la creciente población mundial, producir los bienes materiales que elevan los niveles de vida y preservar la integridad de los sistemas naturales de los cuales depende la vida misma. La escasez de algo tan fundamental perturba la actividad económica y social, por lo que no es de sorprender que después de las dificultades derivadas de los aumentos en los precios del petróleo -la "crisis energética"- en los setenta, muchas personas se pregunten si seguirá la crisis del agua.

Las cifras en sí no reflejan la verdadera historia del agua. Cada año, cae suficiente lluvia y nieve sobre los continentes para llenar 30 veces el lago Hurón, aumentar 16 veces el caudal del Amazonas o cubrir toda la superficie continental de nuestro planeta, con una capa de 83 centímetros de profundidad.

El volumen de agua dulce que se renueva cada año gracias al ciclo hidrológico podría satisfacer las necesidades de cinco a diez veces la población mundial existente. Sin embargo, la falta de agua para irrigar cultivos periódicamente amenaza con hambrunas a millones de personas, y los mantos freáticos en el sur de la India, el norte de China, el valle de México y el suroeste de los Estados Unidos descienden precipitadamente, provocando la sequía de los pozos. Los ríos que alguna vez corrieron durante todo el año ahora desaparecen al final de la temporada de lluvias y los lagos y mares continentales reducen su tamaño.

El agua, siempre en movimiento y a menudo en las profundidades de la tierra, no se ha podido cuantificar en muchas naciones. Es asombroso lo poco que se sabe con certeza acerca de la cantidad, los usos, usuarios y lugares del agua que se utiliza.

Aunque muchos políticos podrían citar el precio actual de un barril de petróleo, pocos saben el costo de obtener mil metros cúbicos adicionales de agua.

A diferencia del petróleo, los metales, el trigo y otros bienes básicos, el agua por lo general se necesita en cantidades tan grandes que resulta un producto inmanejable en el comercio internacional; rara vez se transporta a más de cientos de kilómetros de su origen, de manera que mientras el agua esté vinculada con un enorme ciclo mundial, su valor y cantidad estarán determinados por la disponibilidad regional, su utilización y administración.

Parece difícil que un suceso histórico desate una reestructuración mundial en el uso del agua, como sucedió con los aumentos en los precios del petróleo y la energía. No obstante, si las tendencias actuales continúan, el agua puede convertirse en muchas regiones en una limitante para la actividad económica y la producción alimentaria en las próximas décadas. Desde hace tiempo, se han desviado ríos y arroyos o se han construido presas para proporcionar abastecimiento seguro de agua a zonas necesitadas. Obras de ingeniería -como la presa de Asuán en Egipto y el acueducto de California en los Estados Unidos- han hecho, literalmente, florecer los desiertos. Sin embargo, la creciente competencia por recursos limitados y el aumento de los costos económicos y ambientales de las estrategias tradicionales, reclaman un nuevo enfoque en el manejo del agua. Pocos gobiernos han reconocido siquiera la necesidad de esta reevaluación y mucho menos han diseñado las políticas necesarias para el futuro. Desafortunadamente, pensar que hay tiempo y agua en abundancia puede resultar una mera ilusión.

El ciclo hidrológico y los recursos renovables

Cada año, la energía solar evapora de la superficie cerca de 500 mil kilómetros cúbicos de agua -86% de los océanos y 14% de la tierra. (Un kilómetro cúbico es igual a mil millones de metros cúbicos o a un billón de litros; en el sistema de medición inglés esto equivale a cerca de 264 mil millones de galones). La misma cantidad regresa a la tierra en forma de lluvia, granizo o nieve, aunque afortunadamente no en las mismas proporciones. Cerca de 110,300 kilómetros cúbicos caen sobre la tierra (excluyendo Groenlandia y la Antártida) mientras que sólo 71,500 se evaporan de ella. De esta manera, este ciclo de energía solar destila y transfiere anualmente 38,800 kilómetros cúbicos de agua de los océanos a los continentes; de ahí el agua regresa al mar como "escurrimiento" para completar el ciclo natural.¹

El agua es un recurso renovable gracias a este cíclico fluir entre el mar, el aire y la tierra. Bajo las condiciones climáticas existentes en el planeta, cada año se dispone de aproximadamente la misma cantidad de agua. En la actualidad, el volumen de agua es igual al que había cuando las primeras civilizaciones se asentaron en los fértiles valles del Ganges, del Tigris-Eufrates y del Nilo.

A nivel mundial, el agua todavía abunda, ya que para cada ser humano hay un recurso renovable de 8,300 metros cúbicos anuales, cantidad suficiente para llenar 38 veces un cuarto cuadrado de seis metros por lado y que representa varias

1 Frits van der Leeden, *Water Resources of the World* (Port Washington, N. Y.: Water Information Center, Inc., 1975).

veces lo necesario para llevar un nivel de vida moderado.²

No obstante, las variaciones naturales del clima a menudo ensombrecen esta imagen de abundancia, ya que el agua no siempre está disponible en el lugar y en el momento en que se requiere. Casi dos terceras partes de los escurrimientos anuales se convierten en inundaciones, lo que con frecuencia ocasiona más destrucción que beneficio; la otra tercera parte es estable y representa una fuente confiable de agua para uso potable o para riego de cultivos durante todo el año.

El agua que se infiltra y fluye en forma subterránea proporciona el flujo base de los ríos y arroyos y representa la mayor parte de los abastecimientos permanentes. El agua que se libera de los lagos y presas en forma controlada añade algo más a los abastecimientos permanentes, aumentándolos a cerca de 14 mil kilómetros cúbicos o tres mil metros cúbicos por persona -el límite práctico actual de los abastecimientos renovables de agua dulce.

Asia y Africa enfrentan la mayor escasez de agua. Actualmente, el suministro para cada asiático es menos de la mitad del promedio mundial y los escurrimientos de Asia son los menos estables de todos los continentes (véase el cuadro 1). Las elevadas cordilleras y el clima monsonico hacen que las lluvias y los escurrimientos sean muy variables. En China, el río Huang Ho, o río Amarillo, ha tenido un cambio importante en su cauce, por lo menos cada siglo, durante 2,500 años de historia.³

En la India, 90% de la precipitación cae entre los meses de junio y septiembre y la mayoría de los escurrimientos fluyen a las cuencas del Ganges y del Bramaputra, en el norte. La ausencia del monsoon de 1979 provocó una de las peores sequías registradas en épocas recientes y redujo 16% la producción de granos de la India.⁴ En Africa, el río Zaire (antes Congo) -segundo en volumen después del Amazonas- representa 30% de los recursos renovables del continente, pero su mayor

2 Generalmente se establece un consumo de mil metros cúbicos por persona al año para un nivel de vida decente. Véase Carl Widstrand, ed., *Water Conflicts and Research Priorities* (Oxford, RU: Pergamon Press, 1980).

3 Vaclav Smil, *The Bad Earth: Environmental Degradation in China* (Armonk, N. Y.: M.E. Sharpe, Inc., 1984).

4 Malin Falkenmark y Gunnar Lindh, *Water for a Starving World* (Boulder, Colo.: Westview Press, 1976); Gary S. Posz et al., "Water Resource Development in India," Embajada Americana, Nueva Delhi, junio 1980; reducción en granos alimenticios de B.B. Sundareshan, "Water: A Vital Resource for the Developing World", en Peter C. Bourne, ed., *Water and Sanitation: Economic and Sociological Perspectives* (Orlando, Fla.: Academic Press, Inc., 1984).

Cuadro 1. Distribución de los abastecimientos de agua dulce renovables, por continente

Región	Promedio de escurrimiento anual	escurri. mundial	Parte de población global	escurri. permanente
	(km cúbicos)		(porcentaje)	
Africa	4,225	11	11	45
Asia	9,865	26	58	30
Europa	2,129	5	10	43
Norteamérica ⁽¹⁾	5,960	15	8	40
Sudamérica	10,380	27	63	8
Oceanía	1,965	5	12	5
Unión Soviética	4,350	11	6	30
Mundial	38,874	100	100	36 ⁽²⁾

(1)

(2) Incluye América Central con escurrimientos de 545 km cúbicos. Promedio.

Fuentes: Adaptado de M.I. L'vovich, *World Water Resources and Their Future*, traducción editada por Raymond L. Nace (Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1979); los datos de población son cálculos de mediados de 1983 del Population Reference Bureau, *1983 World Population Data Sheet* (Washington, D.C.: 1983).

parte corre a través de un bosque escasamente poblado. Dos terceras partes de las naciones africanas tienen por lo menos, tercio menos de escurrimiento anual que el promedio mundial. Las frecuentes sequías en las zonas áridas del continente han amenazado con hambrunas a más de veinte naciones en los últimos años.⁵

El continente americano y la Unión Soviética parecen tener agua abundante para su población, aunque aquí también se encuentran grandes disparidades geográficas. Sudamérica cuenta con la mayor cantidad de agua; no obstante, 60% de sus escurrimientos fluyen por el Amazonas, una fuente difícil de aprovechar alejada de la mayor parte de la población. América del Norte y del Centro, en

5 El flujo del río Zaire en Van der Leeden, *Water Resources of the World*; amenaza de hambrunas en Africa, debate en Lester R. Brown, "Securing Food Supplies", en Lester R. Brown et al., *State of the World 1984* (Nueva York: W.W. Norton & Co., 1984).

conjunto, tienen un abastecimiento per cápita equivalente al doble del promedio mundial, pero en grandes zonas del oeste, particularmente en el suroeste de Estados Unidos y en el norte de México, los abastecimientos naturales de agua son limitados.

Los tres ríos más grandes de la Unión Soviética -Yenisei, Lena y Ob- corren por el norte, a través de Siberia, hacia los mares árticos, lejos de la mayoría de los grandes centros de población. Por último, la unión continental de Europa y Asia tiene una proporción sustancialmente mayor de población mundial que de agua; el escurrimiento per cápita en el continente representa apenas la mitad del promedio mundial y los abastecimientos escasean, principalmente en el norte y este de Europa. Por fortuna para la mayor parte del continente, un clima por lo general templado y un gran número de ríos pequeños con flujos bastante estables, permiten aprovechar una parte comparativamente grande del escurrimiento.

Un desglose detallado del abastecimiento por país, confirma la desigual distribución del agua (véase el cuadro 2). El agua de los escurrimientos per cápita, oscila entre 100 mil metros cúbicos en Canadá a menos de mil en Egipto, y aun estos datos encubren importantes disparidades. En un análisis per cápita, Canadá es el país más rico en agua; sin embargo, mientras que 80% de su población vive en 200 kilómetros de la frontera con Estados Unidos, dos tercios del agua de sus ríos fluyen hacia el norte. Indonesia, un país también relativamente rico en agua, tiene un problema similar: cerca del 60% de su población vive en la isla de Java, donde corre menos del 10% del agua del país.

Los excedentes de agua de naciones vecinas que reciben algunos países -en especial algunos de Europa, Africa y Asia que tienen escasez de agua- y que se suman a los escurrimientos que se originan dentro de sus propias fronteras, pueden ser vitales. (El cálculo de los escurrimientos del Cuadro 2 es consistente con un balance mundial; de ahí que sólo se incluyen los escurrimientos originados en cada país.) Las corrientes internas difícilmente representan 70% de los abastecimientos de Checoslovaquia, 50% de los de Alemania del Este y del Oeste y 90% de los de Bulgaria. Egipto, uno de los países con mayor escasez de agua en el mundo, depende casi totalmente del agua del río Nilo que proviene de Sudán.⁶

6 Encuesta sobre Política Federal de Agua, "Water is a Mainstream Issue: Participation Paper", Ministerio Canadiense de Abastecimiento y Servicios, Ottawa, 1984; Mardjono Notodihardjo, "Indonesia's Water Resources", en W. Hall C. Maxwell, ed., *Water for Human Consumption, Proceedings, Cuarto Congreso Mundial de la Asociación Internacional de Recursos Hidráulicos* (Dublín: Tycooly International Publishing Ltd., 1983); Comisión Económica Europea de las Naciones Unidas (CEE), *Long-Term Perspectives on Water Use and Supply in the ECE Region* (Nueva York: Naciones Unidas, 1981).

Cuadro 2. Promedio anual de escurrimientos per cápita en algunos países seleccionados, 1983, con proyecciones para el año 2000

País	1983	2000	Diferencia
	(miles de metros cúbicos por persona) ¹		(porcentaje)
Canadá	110.0	95.1	-14
Noruega	91.7	91.7	0
Brasil	43.2	30.2	-30
Venezuela	42.3	26.8	-37
Suecia	23.4	24.3	+4
Australia	21.8	18.5	-15
Unión Soviética	16.0	14.1	-12
Estados Unidos	10.0	8.8	-12
Indonesia	9.7	7.6	-22
México	4.4	2.9	-34
Francia	4.3	4.1	-5
Japón	3.3	3.1	-6
Nigeria	3.1	1.8	-42
China	2.8	2.3	-18
India	2.1	1.6	-24
Kenia	2.0	1.0	-50
Sudáfrica y Swazilandia	1.9	1.2	-37
Polonia	1.5	1.4	-7
Alemania Occidental	1.4	1.4	0
Bangladesh	1.3	0.9	-31
Egipto	0.09	0.06	-33
Mundial	8.3	6.3	-24

¹ Los cálculos corresponden a los escurrimientos que se originan en cada nación, no incluyen las corrientes que se reciben de otros países.

Fuentes: Adaptado de M.I. L'vovich, *World Water Resources and Their Future*, traducción editada por Raymond L. Nace (Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1979); los datos de población son cálculos de mediados de 1983 del Population Reference Bureau, *1983 World Population Data Sheet* (Washington, D.C.: 1983).

Dadas las condiciones climáticas y las últimas proyecciones de crecimiento de la población, para finales de siglo, el abastecimiento mundial de agua per cápita habrá disminuido 24%, mientras que para finales de siglo el componente estable de esa agua habrá descendido de tres mil a 2,280 metros cúbicos por persona.

La población continúa creciendo con mayor rapidez en algunas de las regiones con mayor escasez de agua; por ejemplo, en Kenia y Nigeria, los abastecimientos per cápita disminuirán 50 y 42% respectivamente; en Bangladesh y Egipto, decrecerán una tercera parte por persona y en la India, una cuarta parte. Por otro lado, si los cambios climáticos previstos -un aumento en la concentración atmosférica de bióxido de carbono- llegan a suceder, los abastecimientos de agua pueden disminuir en algunas áreas donde ya la escasez es crónica, incluyendo importantes regiones productoras de granos del norte de China y de los Estados Unidos.⁷

7 William W. Kellogg and Robert Schware, "Society, Science and Climate Change", *Foreign Affairs*, verano 1982.

Usos competitivos

Cuando los analistas hablan de la "demanda" de agua, por lo general se refieren al uso del agua como una mercancía -un factor de producción para la agricultura, la industria y las actividades domésticas. Sin embargo, el agua de los ríos, lagos, arroyos y estuarios también es el hogar de innumerables peces y plantas, actúa como un agente diluyente y purificador, y ofrece una fuente invaluable de placer estético y de riqueza para la calidad de vida en la Tierra.

Ninguna sociedad puede hacer uso de toda el agua disponible y al mismo tiempo esperar conservar todos sus beneficios; por eso es necesario proteger las funciones naturales del agua y que la sociedad reconsidere sus hábitos al usar el líquido.

A pesar de que el riego data de varios miles de años -desde el principio de las culturas egipcia y babilónica- y que durante siglos el agua se ha captado para abastecer casas y pequeñas industrias, el uso del recurso creció a paso moderado durante la mayor parte de la historia de la humanidad. Sin embargo, a lo largo de este siglo, la rápida industrialización y la necesidad de alimentar una población mundial en expansión han elevado súbitamente la demanda.

De acuerdo con cálculos realizados por científicos soviéticos a principios de los setenta para la Década Internacional de la Hidrología de la Naciones Unidas (1965-74) -que están entre los datos históricos más comprensibles- el uso del agua a nivel mundial era de 400 mil millones de metros cúbicos en 1900, lo que equivalía a 242 metros cúbicos por persona. Para 1940, mientras que la población había crecido 40%, el uso del agua en el mundo se había duplicado (véase la figura 1). A mediados de siglo, se inició un rápido crecimiento de la demanda, de manera

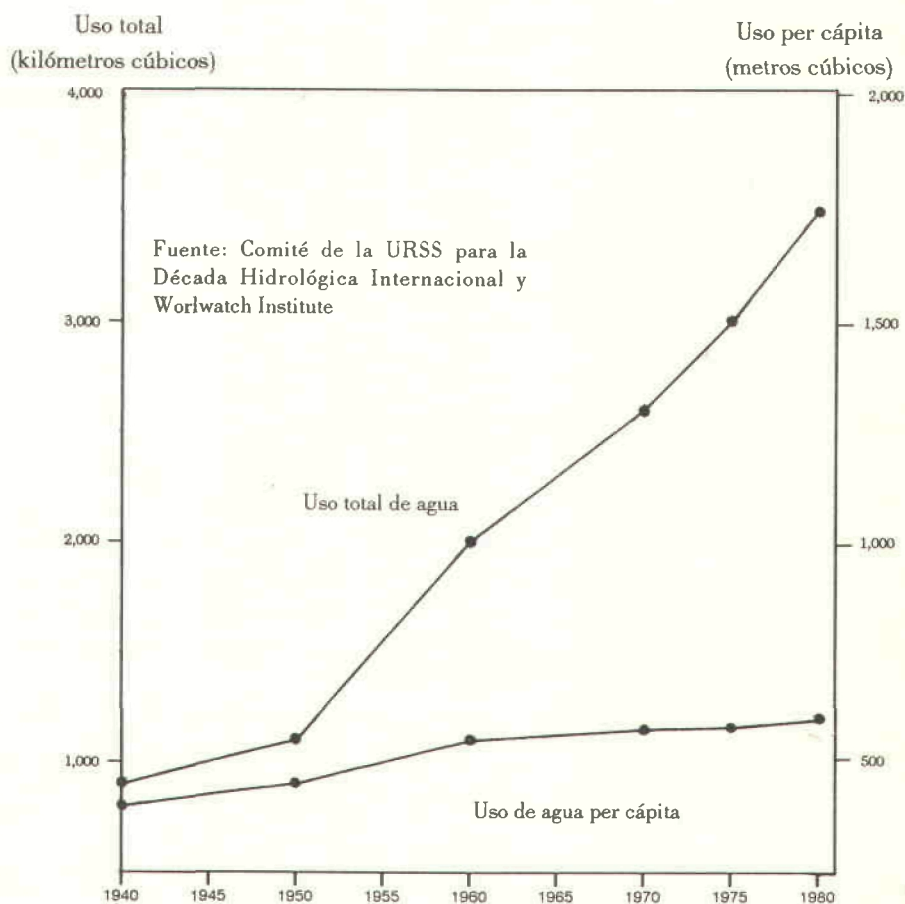


Figura 1. Uso de agua en el mundo, total per cápita, 1940,1980

que para 1970, la extracción anual per cápita aumentó más de 700 metros cúbicos, 60% más con relación a 1950. En esos veinte años, el uso agrícola e industrial del

agua se duplicó como sucedió durante la primera mitad del siglo.⁸

Hoy en día, la extracción anual de agua de la humanidad equivale a un décimo del abastecimiento renovable total y a cerca de un cuarto del permanente, o sea, el que está generalmente disponible durante todo el año. La agricultura, responsable del 70% de la extracción total, reclama la mayor parte de uso del agua.

A medida que la tierra fértil escaseaba, la irrigación permitió a los agricultores obtener mayores rendimientos del campo esencialmente sustituyendo tierra nueva por agua. Al contar con una fuente de agua controlada durante todo el año, también resultó provechoso invertir en fertilizantes y en sembrar variedades más rentables. El arroz de temporal elevaba su rendimiento 50% si se eliminaban los efectos de las inundaciones y las sequías, 130% si se introducía riego y drenaje controlado, además de algún fertilizante, y 280% o más si se empleaban técnicas avanzadas de riego, fertilizante en abundancia, pesticidas y semillas de alto rendimiento.⁹

Aproximadamente un tercio de la cosecha actual proviene del 17% de las tierras de riego en el mundo, lo que indica que la irrigación es un factor importante en el reto de alimentar a una población siempre en aumento. Desde 1950, la superficie irrigada en el mundo se incrementó de 94 a 261 millones de hectáreas. Durante los sesenta, cada año se aumentaron 6 millones de hectáreas adicionales; y a partir de 1970, se sumaron 5.2 millones de hectáreas anualmente (véase el cuadro 3). A la velocidad promedio actual de uso del agua (unos 11 o 12 mil metros cúbicos por hectárea de riego al año) y suponiendo que la irrigación crecerá a un ritmo un poco más lento, para finales de siglo se necesitarán 820 kilómetros cúbicos de agua adicionales para riego por año, lo que representa un aumento de 25 a 30% sobre los niveles actuales.¹⁰

Además de absorber gran parte de los recursos disponibles de una región, la

8 Comité de la URSS para la Década Hidrológica Internacional, *World Water Balance and Water Resources of the Earth* (París: UNESCO, 1974).

9 Rendimientos de arroz con diferentes grados de control de agua en Asit K. Biswas, "Major water problems Facing the world", *International Journal of Water Resources Development*, abril, 1983.

10 Cálculo del área global irrigada y su contribución a la producción en W.R. Rangeley, "Irrigation-Current Trends and a Future Perspective", Seminario del Banco Mundial, Washington, D.C., 15 de febrero, 1983; demanda de riego basada en cálculos de la FAO para la Conferencia Mundial de la Alimentación 1974, donde la demanda bruta de agua para riego de cultivos cosechados es en promedio de 11,400 metros cúbicos por hectárea. Para el cálculo se considera que el arroz requiere el doble de agua que el trigo y que otros cereales secos. Con esta cantidad y un crecimiento promedio de cuatro millones de hectáreas de riego al año, se estiman 820 mil millones de metros cúbicos adicionales de agua anualmente para riego en el año 2000.

Cuadro 3. Crecimiento de áreas de riego por continente, 1950-82

Región	Area irrigada en 1982	Crecimiento de área irrigada		
		1950-60	1960-70	1970-80 ⁽¹⁾
	(millones de hectáreas)		(porcentaje)	
Africa	12	25	80	33
Asia ⁽²⁾	17	75	23	234
Europa ⁽³⁾	28	50	67	40
Norteamérica	34	42	71	17
Sudamérica	8	67	20	33
Oceanía	2	0	100	0
Mundial	261	49	41	32

(1) El aumento del porcentaje entre 1970 y 1982 está prorrateado a 1970-80 para mantener la comparación entre décadas.

(2) Incluye la porción asiática de la Unión Soviética

(3) Incluye la porción europea de la Unión Soviética

Fuente: W.R. Rangeley, "Irrigation-Current Trends and a Future Perspective," Preparado para el Seminario del Banco Mundial, Washington, D.C., febrero de 1983.

irrigación representa un gran volumen de agua que se "consume", que se elimina del agua disponible localmente por evaporación y transpiración. Los cultivos necesitan consumir algo de agua para crecer, pero generalmente es mucho más el agua que se transporta y destina al campo que la que requieren los cultivos. Con frecuencia, menos de la mitad del agua que se extrae para riego retorna a un río o cuerpo de agua cercano, donde pueda usarse de nuevo. En los Estados Unidos, por ejemplo, se consume 55% de la extracción para agricultura, lo que a su vez representa 81% del consumo total anual de todo el país.¹¹

11 Wayne B. Solley et al., *Estimated Use of Water in the United States in 1980* (Aleandria, Va.: U.S. Geological Survey, 1983).

El segundo sector de la sociedad que más agua utiliza es la industria; ésta representa cerca de la cuarta parte del agua que se usa en el mundo. La producción de energía en plantas nucleares y de combustibles fósiles es por mucho la industria que más agua utiliza. El agua es la fuente del vapor que opera los turbogeneradores, y se necesitan grandes cantidades para enfriar los condensadores de las plantas de energía. Sin embargo, a diferencia de la agricultura, sólo una pequeña fracción de esta agua se consume.

La mayoría de las plantas de energía existentes tienen sistemas de enfriamiento "de un solo paso", que regresan el agua a su origen inmediatamente después de pasar por la planta. Las plantas de Estados Unidos consumen solamente 2% del agua que extraen, de manera que cuando éstas se ubican al lado de grandes lagos o ríos, el volumen de agua extraída para enfriamiento preocupa menos que la descarga de agua caliente a su fuente original. Si las temperaturas de los lagos o ríos aumentan demasiado, los niveles de oxígeno pueden descender, amenazando la vida de los peces y de otros seres acuáticos.¹²

Sin contar la producción de energía, dos tercios de la extracción industrial restante se utilizan en sólo cinco ramas: metales primarios, productos químicos, refinación de petróleo, fabricación de pulpa y papel y procesamiento de alimentos. En los países con una planta industrial establecida y con leyes de contaminación de agua en vigor, no es factible que aumente la extracción de agua para estas industrias; la mayoría de las técnicas para controlar la contaminación contemplan el reciclaje y reúso del agua, reduciendo así la demanda industrial de nuevos abastecimientos. En países como Finlandia, Suecia y los Estados Unidos, el uso industrial del líquido ha disminuido, o se espera que pronto lo haga. En contraste con ellos, Portugal, la Unión Soviética, Turquía y varios países del bloque oriental proyectan duplicar su extracción para uso industrial en los últimos 25 años del siglo; se esperan incrementos de no más del 50% en Checoslovaquia, Francia y las dos Alemanias.¹³

En la mayoría de los países del Tercer Mundo, la industria generalmente

12 Vea John Harte y Mohamed El-Gesseir, "Water and Energy", *Science*, 10 de febrero, 1978; y Norman L. Dalsted y John W. Green, "Water Requirements for Coal-Fired Power Plants", *Natural Resources Journal*, enero, 1984; porcentaje consumido en Solley et al., *Estimated Use in the United States*.

13 Las principales industrias usuarias de agua de las Naciones Unidas, *Resource and Needs: Assessment of the World Water Situation*, preparado para la Conferencia del Agua de las Naciones Unidas, Mar de la Plata, Argentina, marzo, 1977; tendencias de los países europeos en CEE, *Long-Term Perspectives for Water Use and Supply*; Comité Preparatorio Sueco de la Conferencia del Agua de las Naciones Unidas, *Water in Sweden* (Estocolmo, Ministerio de Agricultura, 1977).

representa menos del 10% de la extracción total de agua, comparado con 60 a 80% en la mayoría de las naciones industrializadas (véase el cuadro 4). Muchos de los países en vías de desarrollo inician apenas el camino de la industrialización que emprendieron otras naciones hace cuatro décadas.

Si las industrias adoptan la misma tecnología altamente consumidora de agua

Cuadro 4. Cálculo total per cápita y por sector de uso del agua en algunos países, 1980

Ciudad	Extracciones de agua		Extracción de los sectores principales		
	total	per cápita	agrícola	industrial	municipal ⁽¹⁾
	(miles de millones lts/día)	(miles lts/día)	(porcentaje)		
Estados Unidos	1,683	7.2	34	57	9
Canadá	120	4.8	7	84	9
Unión Soviética	967	3.6	64	30	6
Japón ⁽²⁾	306	2.6	29	61	10
México ⁽²⁾	149	2.0	88	7	5
India ⁽²⁾	1,058	1.5	92	2	6
Reino Unido	78	1.4	1	85	14
Polonia	46	1.3	21	62	17
China	1,260	1.2	87	7	6
Indonesia ⁽²⁾	115	0.7	86	3	11

(1) Junto con los usos domésticos, las cifras pueden incluir usos comerciales y públicos como el riego de parques y campos de golf.

(2) Cifras de 1975 para México y de 1977 para Japón, la India e Indonesia.

Fuente: Datos de EUA en U.S. Geological Survey; datos canadienses en Harold D. Foster y W.R. Derick Sewell, *Water: The Emerging Crisis in Canada* (Toronto: James Lorimer & Company, 1981); datos soviéticos, del Reino Unido y polacos en la Comisión Económica Europea de las Naciones Unidas; datos de Japón, India e Indonesia en *Global 2000 Report*; datos mexicanos en la Comisión Económica para América Latina de la ONU; datos chinos en Vaclav Smil, *The Bad Earth*.

que usó el mundo industrial, la demanda de agua para la industria manufacturera, la minería, la producción de energía y el procesamiento de materiales aumentará rápidamente. En América Latina, se espera un incremento para los últimos 25 años del siglo de 350% en el uso industrial del agua, comparado con cerca de 180%

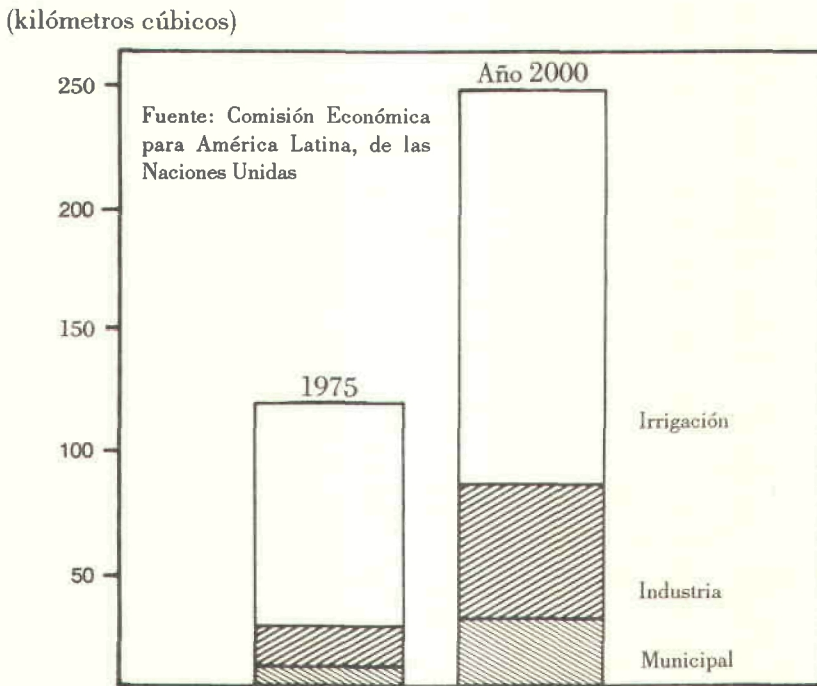


Figura 2. Demanda de agua anual en América Latina, 1975, con proyecciones al año 2000

para agua potable y 70% para riego (véase la figura 2). Entre las metas para la Segunda Década de Desarrollo de las Naciones Unidas, se establece una tasa de

crecimiento industrial promedio de 8% anual en el Tercer Mundo. Aunque es una meta muy ambiciosa, dado el peso de la deuda que enfrentan muchos de estos países, el uso industrial del agua en los países en desarrollo puede duplicarse fácilmente para fines de siglo.¹⁴

La cantidad de agua que se usa en los hogares -para beber, cocinar, bañarse, lavar la ropa y otras actividades- varía mucho en función de los niveles de ingreso y la forma en que se suministra el agua. En casas urbanas, con agua entubada disponible al abrir una llave, el uso diario generalmente oscila entre 100 y 350 litros por persona; las viviendas con aparatos electrodomésticos consumidores de agua, como lavadoras de ropa y de vajillas, y aquéllas en donde el agua se usa para regar grandes céspedes y jardines, pueden usar más de mil litros por persona al día. En muchos países en desarrollo, donde el agua se suministra por medio de un hidrante público, el uso diario varía de 20 a 70 litros por persona. En lugares como Kenia, donde las mujeres caminan varios kilómetros para llevar agua a su familia, se encuentran consumos cerca del mínimo biológico -de dos a cinco litros por persona al día.¹⁵

En muchos países, el uso doméstico y otros municipales representan menos de la décima parte de la extracción de agua, y sólo cerca del 7% de la extracción mundial total. En los países industrializados, donde el crecimiento de la población es bajo y la mayoría de los hogares tiene un suministro adecuado de agua, ha disminuido la demanda, y probablemente continuará haciéndolo. En lugares de Europa donde se están cambiando los pozos comunales por sistemas individuales de agua entubada -incluyendo Checoslovaquia, Polonia, Portugal, Rumania y Turquía- se espera que la demanda de agua potable se duplique en las próximas dos décadas. Probablemente, el mayor incremento se presentará en el Tercer Mundo, donde todavía muchos carecen del servicio de agua. La Organización Mundial de la Salud estimó que en 1980 sólo 75% de los habitantes urbanos y 29% de los rurales en los países en desarrollo recibían el servicio de agua potable. Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas se propuso dotar de agua a todos para 1990, meta que aunque difícil de cumplir, contribuirá probablemente a duplicar la demanda de agua para uso doméstico en el Tercer Mundo a finales de siglo.¹⁶

14 Metas de desarrollo de la década en Biswas, "Major Water Problems".

15 Naciones Unidas, *Resources and Needs*; Solley et al., *Estimated Use in the United States*.

16 CEE, *Long-Term Perspectives for Water Use and Supply*; Organización Mundial de la Salud, *Drinking Water and Sanitation, 1981-1990* (Génova: 1981).

A pesar de estos grandes incrementos en la extracción de agua para riego y para necesidades industriales y domésticas, parece que el uso total de agua en el mundo para el año 2000 todavía será menor que la mitad del volumen permanente renovable. Pese a lo anterior, las proyecciones de destacados hidrólogos muestran que satisfacer las necesidades del norte de Africa y del Cercano Oriente requerirá del uso de prácticamente toda el agua disponible en esas regiones. En el sur y este de Europa, así como en el centro y sur de Asia, el uso del agua se acercará al volumen que se pueda aprovechar con confianza y seguridad en esas regiones.¹⁷ Por otra parte, aun cuando los recursos aparentemente son más que suficientes, ninguna región está exenta de las consecuencias del abuso y de una mala administración, prácticas que han surgido y tienden a empeorar, en la medida que aumenta la demanda competitiva.

17 Widstrand, *Water Conflicts and Research Priorities*.

Consecuencias de una mala administración

Cuando empiezan a aparecer los síntomas de abuso de un recurso, no tardan en surgir las consecuencias económicas y ecológicas. La aparente disponibilidad del agua ha cegado a la sociedad de la necesidad de administrarla con eficiencia y de adaptarse a volúmenes limitados. Las presiones en la demanda se manifiestan comúnmente en profunda contaminación, agotamiento de aguas subterráneas, descenso de los mantos acuíferos y daño a los sistemas ecológicos; el fracaso en atender estos síntomas y en lograr que el uso del agua se mantenga a un ritmo sostenible, amenaza la viabilidad tanto de la fuente del recurso como de los sistemas económicos que dependen de ella.

Cada litro de agua contaminada que se descarga sin tratamiento contamina muchos litros adicionales del agua que la recibe; aun en cantidades muy pequeñas los residuos de químicos sintéticos y de metales pesados son peligrosos y amenazan gravemente la calidad de los cuerpos de agua. Sin un tratamiento adecuado, el volumen creciente y la toxicidad de los desperdicios podrían ocasionar que 25% del recurso disponible no se pueda usar con confianza para el año 2000.¹⁸

Muchos países industrializados requieren que sus aguas residuales cumplan ciertas normas de calidad antes de ser descargadas. Sin embargo, en la mayoría de los países del Tercer Mundo los controles para evitar la contaminación o no existen o no pueden alcanzar el ritmo de crecimiento urbano e industrial. En China, por ejemplo, sólo se tratan 2% de los 28 mil millones de metros cúbicos de aguas

18 Cálculo de 3000 kilómetros cúbicos de agua entregada sin usar por contaminación para el año 2000 en Robert P. Ambroggi, "Water", *Scientific American*, septiembre, 1980.

residuales que se descargan anualmente. Un tercio del agua de sus principales ríos ya está contaminada más allá de niveles sanitarios permitidos, y los peces y camarones han desaparecido del 5% de sus aguas.

En Beijing, China, en el otoño de 1980, se inició la operación de la primera planta de tratamiento de aguas residuales, pero el volumen de las aguas negras supera en mucho la capacidad de sus instalaciones. Las aguas residuales en Beijing se han incrementado 27 veces en las últimas tres décadas y se espera que los volúmenes totales del país se tripliquen o cuadrupliquen para finales de siglo.¹⁹ Vaclav Smil, un especialista del medio ambiente chino, escribe que el problema de la contaminación del agua del país "requerirá de muy fuertes y sostenidas inversiones, no para lograr cero descargas sino sólo para llevar la situación actual a límites razonables después de décadas sin control".²⁰

En casi toda América Latina, el drenaje municipal y los efluentes industriales se descargan a las corrientes más cercanas sin ningún tratamiento. Las industrias papeleras y las metalúrgicas y acereras -dos de las más contaminantes de la región- han crecido a una velocidad dos veces mayor que la economía en su conjunto. Sin embargo, como es típico, los esfuerzos de saneamiento se han pospuesto debido a sus altos costos. Por ejemplo, purificar el río Bogotá de Colombia -una de las corrientes más contaminadas del continente- costaría mil cuatrocientos millones de dólares aproximadamente, un precio muy alto para un país endeudado. Sin embargo, es indispensable que los gobiernos empiecen a atacar la contaminación urbana e industrial sino quieren encontrarse con la perspectiva de abastecimientos de agua demasiado contaminados para uso de su población.²¹

Una situación similar se presenta en la Unión Soviética donde los efluentes industriales constituyen 10% del gasto medio del río Volga, en Volgogrado, y tres cuartas partes de las aguas residuales no reciben tratamiento. A mediados de los setenta se inició un gran esfuerzo para sanear el río, pero aparentemente no fue suficiente para motivar a las industrias a instalar la costosa tecnología necesaria. En estas condiciones, el Volga simplemente no puede sostener los altos niveles de

19 Zheng Guanglin, "Research Program on China 2000", Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing, borrador, febrero, 1984; Smil, *The Bad Earth*.

20 Smil, *The Bad Earth*.

21 Comisión Económica para América Latina de las Naciones Unidas, *The Water Resources of Latin America: Regional Report*, Santiago, Chile, 1977; cita del río Bogotá en Peter Nares, "Colombian Towns Threatened by Polluted Bogota River", *World Environment Report*, 30 de mayo, 1984.

extracción y al mismo tiempo conservar una calidad aceptable. De acuerdo con Thane Gustafson, un especialista estadounidense en asuntos soviéticos: "la negligencia por parte de la industria para controlar la contaminación hará necesario usar más agua para diluirla. Todos estos efectos aumentarán la demanda para finales de siglo, a un nivel mayor del que se puede satisfacer con los recursos disponibles."²²

Grandes cantidades de agua fluyen lentamente debajo de la tierra por los poros y fracturas de las formaciones geológicas llamadas acuíferos. Algunos de ellos contienen agua de hace miles de años y reciben de las lluvias una pequeña recarga anual, el agua en estos "acuíferos fósiles" es esencialmente no renovable como en las reservas petroleras y si se explota con el tiempo se agotará. Aun en donde existe la recarga, el agua subterránea se bombea a ritmos que la exceden y provoca que los mantos freáticos descendan y que futuras reservas de agua se extingan. El bombeo excesivo -que los geólogos llaman "sobreexplotación"- sólo puede promover una corta y frágil prosperidad, pues eventualmente el agua se vuelve muy salada y cara para bombearse o termina por acabarse.

En Estados Unidos una quinta parte de los cultivos de riego usan agua del acuífero Ogallala, una gran reserva subterránea. Desde el sur de Dakota del Sur hasta el noroeste de Texas, el acuífero se extiende por debajo de porciones de ocho estados y cubre un área casi tres veces tan grande como el estado de Nueva York.

A pesar de que la recarga natural es mínima en esta región semiárida, los agricultores han regado maíz, sorgo y algodón con sólo extraer el agua que ha estado almacenada durante miles de años. En los cuarenta, la irrigación con el agua del Ogallala se empezó a propagar rápidamente en Texas y durante las siguientes décadas, cuando se introdujeron poderosos sistemas de bombeo y de irrigación, se extendió hacia el norte a Oklahoma, Kansas y Nebraska.²³

Mientras que en 1944 sólo se irrigaban 2.1 millones de hectáreas, en 1978 la superficie de riego creció a más de ocho millones de hectáreas; en las últimas

22 Thane Gustafson, "Transforming Soviet Agriculture: Brezhnev's Gamble on Land Improvement", *Public Policy*, verano 1977.

23 Porcentaje de tierra irrigada en EU en "Colorado Hing Plains Study: Summary Report", Sección de Análisis de Recursos, Departamento de Agricultura de Colorado, Denver, Colo., noviembre, 1983; antecedentes del desarrollo del Ogallala en Kenneth D. Frederick y James C. Hanson, *Water for Western Agriculture* (Washington, D.C.: Resources for the future, 1982), y Morton W. Bittinger y Elizabeth B. Green, *You Never Miss the Water Till...* (Littleton, Colo.: Water Resources Publications, 1980).

cuatro décadas se han extraído 500 kilómetros cúbicos de agua subterránea. Los hidrólogos calculan que bajo 900 mil hectáreas de Kansas, Nuevo México y Texas la mitad del acuífero ya se agotó.²⁴

Los agricultores están dejando de regar sus tierras debido a los altos costos de bombeo, la disminución en el rendimiento de los pozos y los bajos precios de los productos. Después de varias décadas de constante crecimiento la superficie irrigada en las Altas Planicies está disminuyendo (véase la figura 3). En sólo cuatro años, de 1978 a 1982, la tierra de riego se redujo 20% en Texas, 18% en Oklahoma y 9% en Nuevo México. En conjunto, en éstos y otros tres estados que extraían grandes cantidades del Ogallala (Colorado, Kansas y Nebraska), la superficie total bajo riego disminuyó 592 mil hectáreas, o sea 7%. En Nebraska, donde sólo una pequeña porción del Ogallala se ha agotado todavía se está promoviendo el riego. Sin embargo, en 1982 las ganancias netas de la producción de maíz de las Planicies del Norte -la principal cosecha de riego en Nebraska- fueron menos de la mitad del promedio nacional, y parece que eventualmente los agricultores empezarán a cambiar sus cultivos por otros de tierras áridas o abandonarán la agricultura por completo.²⁵

Los economistas y líderes del gobierno están preocupados por la caída de una economía agrícola lucrativa en la región. El cuerpo de Ingenieros de la Armada de EUA ha estudiado incluso la factibilidad de realizar desviaciones masivas de ríos, para suministrar agua a los agricultores que dependen del Ogallala. Sin embargo, pocos se han planteado la pregunta fundamental: ¿tiene sentido agotar este recurso en una época en que el gobierno puede pagar por preservarlo?

El gobierno norteamericano paga a los agricultores para que no trabajen las tierras de temporal con el fin de disminuir excedentes que hagan bajar los precios; al mismo tiempo que permite la total extinción de una reserva única de agua para producir los mismos cultivos.

24 Datos de agotamiento de agua en U.S. Geological Survey, *National Water Survey 1983-Hydrologic Events and Issues*, (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984).

25 U.S. Department of Agriculture, *Agricultural Statistics 1983* (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1983) y Bureau of the Census, "1982 Census of Agriculture", U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., 1984; estadísticas de producción de maíz en Nebraska en el U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, *Economic Indicators of the Farm Sector: Costs of Production 1982*, (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1983).

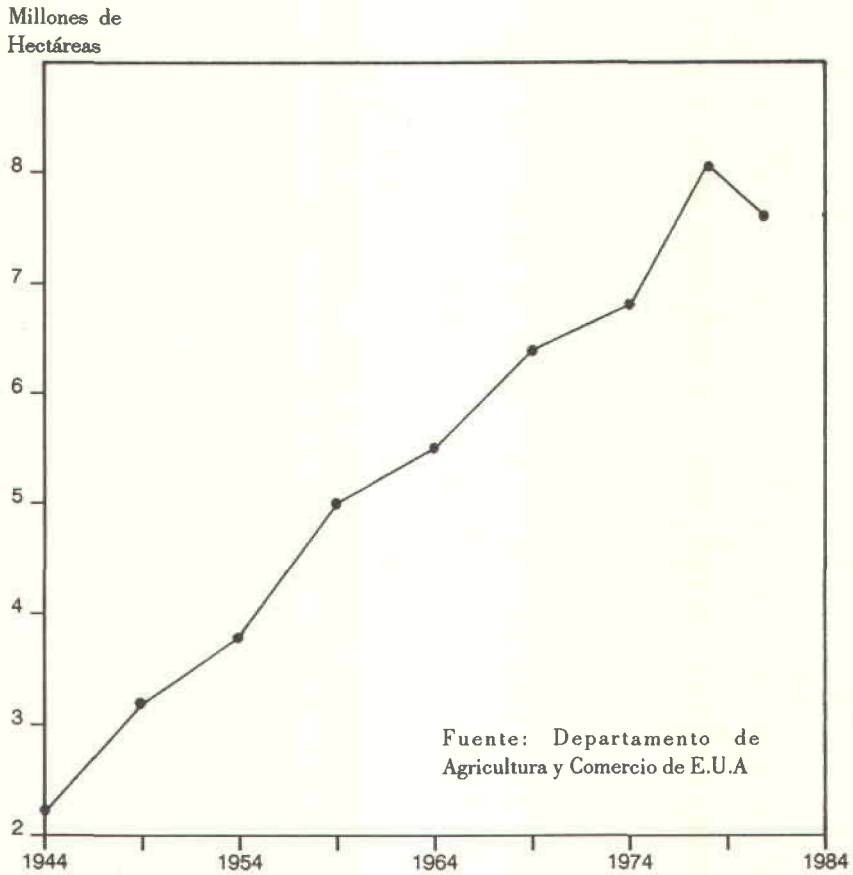


Figura 3. Area de irrigación de seis estados realmente fértiles del Acuífero de Ogallala, 1944-82

Más aún, para gran parte del centro y oeste de los Estados Unidos se prevé una reducción de los recursos de agua renovable y un aumento en la frecuencia y severidad de las sequías debido a un incremento en el nivel de bióxido de carbono

en la atmósfera.²⁶

Al explotar en la actualidad el Ogallala, los agricultores están cancelando la opción de recurrir a él en el futuro cuando realmente se requiera para satisfacer necesidades alimenticias vitales, tanto en el país como en el extranjero. No preservar este recurso significaría una falta de criterio y un error que las generaciones futuras difícilmente perdonarán con justificada razón.

Hay muchos otros acuíferos sobreexplotados, entre los más severos se encuentra el de Tucson, Arizona -la ciudad americana más grande que depende totalmente de agua subterránea. Sólo cerca del 35% del volumen que se extrae para abastecer a los habitantes, granjas y minas de cobre de Tucson se recarga anualmente, y los mantos freáticos han descendido más de 50 metros en algunas áreas. El agua subterránea ya no alimenta lo suficiente el río Santa Cruz para que lleve agua durante los periodos de sequía. También en El Paso, Texas y en Ciudad Juárez, México, los niveles de agua han descendido precipitadamente por la sobreexplotación del acuífero que comparten y por otro lado, en porciones de la zona metropolitana de Dallas-Fort Worth, los mantos freáticos han descendido más de 120 metros en los últimos 25 años.²⁷

Aunque no tan bien documentados como los casos de Estados Unidos, el bombeo excesivo de los acuíferos y el descenso de los mantos freáticos son un hecho cada vez más común en todo el mundo (véase el cuadro 5). En los setenta, en la zona de Tamil Nadú, al sur de la India los niveles de agua bajaron de 25 a 30 metros, como consecuencia de la falta de control en el bombeo de agua para riego. En las provincias del norte de China donde alrededor de diez ciudades dependen del agua subterránea para satisfacer sus necesidades básicas, el bombeo excesivo es una epidemia. En Beijing, la extracción anual de agua subterránea excede 25% el abastecimiento sostenible y los mantos freáticos han descendido un metro cada año en algunas partes de la ciudad. En un distrito de Tianjin, una importante ciudad manufacturera y comercial, los mantos freáticos han bajado la sorprendente can-

26 Dean Abrahamson y Peter Ciborowski, "North American Agriculture and the Greenhouse Problem", informe del Simposium del Instituto Humphrey en Response of the North American Granary to Greenhouse Climate Change, Minneapolis, Minn., abril, 1983, y Kellogg y Schaware, "Society, Science and Climate Change".

27 Información de Tucson en Tony Davis, "Trouble in a Thirsty City", *Technology Review*, agosto/septiembre 1984; referencias de Texas y México en Tommy Knowles y Frank Rayner, "depletion Allowance for Groundwater Mining: Pros and Cons", *Journal of the American Water Works Association*, marzo, 1978.

Cuadro 5. Casos seleccionados de extracciones de agua excesivos

Región	Estado
Cuenca del río Colorado en los Estados Unidos	El consumo anual excede 5% el abastecimiento renovable y crea un déficit; el río Colorado está cada vez más salado y los mantos freáticos han descendido precipitadamente en las zonas de Fénix y Tucsón.
Altas Planicies de los Estados Unidos	El Ogallala, un acuífero fósil que suministra la mayor parte del agua de riego de la región está disminuyendo; en grandes áreas de las planicies del sur la mitad del acuífero ya está agotado.
Norte de China	La sobreexplotación de agua subterránea es una epidemia en las provincias del norte; en Beijing, el bombeo anual excede 25% el suministro sostenible; los mantos freáticos descienden de uno a cuatro metros cada año en algunas áreas.
Tamil Nadú, India	El bombeo excesivo para riego ha ocasionado que los mantos freáticos desciendan de 25 a 30 metros en una década.
Israel, Golfo Árabe y la costa de los Estados Unidos	La intrusión marina amenaza con contaminar con sal los abastecimientos de agua potable debido al bombeo excesivo de los acuíferos costeros.
Ciudad de México; Beijing, China; Valle Central de	El bombeo de aguas subterráneas ha ocasionado compactación de los acuíferos y hundimiento de la superficie, perjudicando

California;
Houston-Galveston,
Texas

edificios, calles, tuberías y pozos;
cientos de casas en las comunidades
de la costa de Texas se han inundado.

California,
Estados Unidos

El agua del Valle Owen y de la Cuenca Mono
se han desviado para suministrar agua a los
usuarios del sur; el lago Owen ya se secó y la
superficie del lago Mono se redujo un tercio.

Suroeste de la
Unión Soviética

Los mares Caspio y Aral se han reducido
por las grandes extracciones de agua a sus
ríos tributarios; la pesca del esturión en el
Caspio se ve amenazada; en el mar Aral la
pesca ha casi desaparecido y para finales de
siglo el volumen del mar se habrá reducido a
la mitad.

Fuente: Worldwatch Institute, basado en varias fuentes.

tividad de 4.4 metros al año.²⁸

Además del agotamiento de recursos, las grandes extracciones de agua subterránea tienen otros costosos efectos. Al bombearse y no recargarse el agua de un acuífero susceptible de compactación, el acuífero se comprime y provoca el hundimiento de la tierra superior. En la Ciudad de México este fenómeno ha dañado edificios, calles y el sistema de desagüe. En China, partes de Beijing se han ido hundiendo de 20 a 30 centímetros cada año desde 1950, y en Tianjin se han detectado índices de 10 centímetros anuales. En el área de Houston-Galveston, en Texas, donde los niveles de agua han bajado 60 metros en la última mitad del siglo, porciones de la superficie se han hundido más de dos metros. En el Golfo, altas

28 Referencias de Tamil Nadú en Widstrand, *Water Conflicts and Research Priorities*; referencias de China en smil, *The Bad Earth*.

mareas han inundado desarrollos residenciales que debido a hundimientos ahora están más cerca del nivel del mar.²⁹

En las zonas costeras el bombeo excesivo puede alterar el volumen y flujo de las aguas subterráneas que descargan en el océano y permitir que agua del mar invada el acuífero. La intrusión marina amenaza con contaminar los recursos hídricos de muchas ciudades y pueblos de Estados Unidos situados a lo largo de las costas del Atlántico y del Golfo; particularmente a varias ciudades del estado de Florida, donde la extracción ha provocado que los mantos freáticos se encuentren por debajo del nivel del mar. Israel, Siria y los países del golfo de Arabia también están luchando contra la amenaza de la intrusión salina pues una vez que ésta ocurre es muy difícil, si no es que imposible, revertirla.³⁰

La demanda excesiva también cobra su cuota a los lagos, estuarios y mares interiores que se sostienen con el aguas de ríos y arroyos cercanos. El mar Aral, al sur de la Unión Soviética, se está reduciendo debido a las grandes extracciones de agua a sus dos principales tributarios, el Amu Darya y el Syr Darya. Estos dos ríos ayudan a sostener la lucrativa economía agrícola del Asia Central Soviética que comprende más de la mitad de las tierras de riego del país. La población de varias repúblicas de Asia Central ha crecido 30% en la última década, lo que ha aumentado la demanda sobre los recursos disponibles y la necesidad de mantener una economía floreciente que asegure más empleos en la región.³¹

El nivel del Mar Aral había permanecido bastante estable de 1900 a 1960 pero desde entonces ha bajado nueve metros. Pescaderías que fueron prominentes en la economía regional han prácticamente desaparecido. Aunque los funcionarios están tomando medidas para salvar porciones del mar Aral, parecen estar resignados a que éste se reduzca todavía más. Algunos científicos han dicho que, antes de fin

29 Thomas G. Sanders, "Population Growth and Resource Management: Planning Mexico's Water Supply", *Common Ground*, octubre, 1977; referencias de China en "Sinking City under Control", *Beijing Review*, 23 de febrero, 1981; Smil, *The Bad Earth*; la situación de Texas en Knowles y Rayner, "Depletion Allowance: Pros and Cons".

30 Para las citas de EUA véase US Geological Survey, *National Water Summary 1983*; otros países citados en Tony Samstag, "Too Much of a Good Thing", *Development Forum*, abril, 1984.

31 Dato de tierra cultivable en M.I. L'vovich y I.D. Tsigel'naya, "The Potential for Long-Term Regulation of Runoff in the Mounstains of the Aral Sea Drainage Basin", *Soviet Geography*, octubre, 1981; datos de población y empleo en Thane Gustafson, "Technology Assessment, Soviet Style", *Science*, 20 de junio, 1980.

de siglo, el mar bajará otros 8 o 10 metros y su volumen se reducirá a la mitad.³²

Un escenario similar amenaza con desarrollarse en el mar Caspio, más al oeste. El río Volga, su principal tributario, ayuda a reponer los grandes volúmenes de agua que se evaporan cada año; sin embargo, la construcción de presas durante los cincuenta y las consecuentes extracciones para riego han reducido dramáticamente la descarga del río.

En 1977, el mar Caspio llegó a su nivel más bajo desde hacía siglos, bajó tres metros en relación con los cincuenta años anteriores. Gracias a fuertes lluvias, poco usuales, que aumentaron el caudal del Volga, el nivel del mar subió recientemente, pero los científicos soviéticos no esperan que se repitan estos hechos fortuitos. Según, Philip Micklin, un geógrafo norteamericano quien en 1984 discutió el asunto durante una estancia de cinco meses en la Unión Soviética, se ha planeado desviar más agua del Volga para riego y se espera que el nivel del Caspio descienda aún más en la próxima década.

El mar Caspio sostiene fructíferas actividades pesqueras, incluyendo 90% de la captura de esturión en el mundo, salmones y arenques migratorios engendran en el Volga y se alimentan en el norte del Caspio, estas actividades se dañarán sustancialmente si el nivel del mar baja todavía más.³³

La reducción de los mares interiores es una dramática consecuencia de las grandes extracciones que se llevan a cabo para responder a las demandas de agua para riego y otros usos. Pero otra amenaza igualmente grave es la silenciosa pérdida de peces y de otras formas de vida acuática que ya no pueden sostenerse por las alteraciones en el flujo de los ríos y arroyos. Siempre y cuando se mantenga la extracción por debajo del promedio del abastecimiento sostenible de una región, las corrientes salvaguardarán la mayoría de los valores ecológicos. Sin embargo, estos beneficios pueden perderse cuando se desvían grandes cantidades de agua superficial de sus cauces naturales.

Aunque en la última década muchas naciones han reconocido este problema

32 Philip P. Micklin, Departamento de Geofísica, Universidad del Oeste de Michigan, Kalamazoo, Mich., comunicación personal del 5 de septiembre, 1984; referencia de las proyecciones de los científicos en G.V. Voropayev et al., "The Problem of Redistribution of Water Resources in the Midlands Region of the USSR", *Soviet Geography*, diciembre, 1983.

33 Cálculo sobre disminución del nivel del agua en O.K. Leont'yev, "Why Did the Forecasts of Water-Level Changes in the Caspian Sea Turn Out to be Wrong?", *Soviet Geography*, mayo, 1984; información de antecedentes en Grigori Voropaev y Aleksei Kosarev, "The Fall and Rise of the Caspian Sea", *New Scientist*, 8 de abril, 1982; Micklin, comunicación personal; actividades pesqueras del Caspio en Philip P. Micklin, "International Environmental Implications of Soviet Development of the Volga Rive", *Human Ecology*, Vol. 5, No. 2, 1977.

no están preparadas para evitarlo. Definir los niveles mínimos de un escurrimiento para proteger la vida silvestre, requiere de gran cantidad de datos, de hidrólogos expertos, biólogos en piscicultura y ecólogos del agua. Las metodologías rápidas y económicas simplemente no son lo suficientemente precisas para ser confiables. Una muy común, por ejemplo, establece los requisitos de flujo mínimo como un porcentaje fijo (digamos 10%) del flujo promedio anual, pero no hace ninguna concesión a la gran variabilidad de flujos que caracteriza a muchas cuencas, ni a los efectos acumulativos después de largos periodos de tiempo en los peces de flujo escaso.

Por lo general los métodos más sofisticados comprenden un modelo de computadora que cuantifica para cada especie en particular, la cantidad de habitat disponible en un tramo determinado del río en cada etapa de su ciclo de vida y bajo condiciones de gasto variables. Aunque estos métodos son más precisos, son caros y toman mucho tiempo, además de que requieren de datos de campo y de científicos con experiencia para interpretarlos.³⁴ Un artículo publicado en 1984 por el Canadian Inquiry on Federal Water Policy (Encuesta Canadiense sobre Política Federal de Agua) reconoce que "en Canadá, apenas estamos empezando a apreciar la magnitud de las necesidades de agua para el mantenimiento del ecosistema. No tenemos cálculos muy confiables de los requerimientos dentro de las corrientes mismas."³⁵

Entre las consecuencias menos costeables del uso irracional del agua se encuentra la degradación de valiosas tierras de cultivo ocasionada por prácticas inadecuadas de riego. Por lo general el agua llega a los cultivos en canales sin revestir lo que permite la infiltración de grandes cantidades de agua a los acuíferos. En lugares en donde el drenaje es inadecuado el nivel del agua sube en forma gradual, llegando eventualmente a la raíz de los cultivos y saturando el suelo. En el estado de Madhya Pradesh, en la India, un proyecto de riego que pretendía aumentar diez veces la producción provocó una saturación extensiva y la consecuente reducción en los rendimientos del maíz y del trigo. Ahora los agricultores se refieren a sus tierras, antes fértiles, como "desiertos mojados".³⁶

En climas secos la saturación puede estar acompañada de ensalitramiento ya

34 Philip C. Metzger y Jennifer A. Haverkamp, "Instream Flow Protection: Adaptation to Intensifying Demands", Fundación para la Conservación, Washington, D.C., junio, 1984.

35 Encuesta de Política Federal de Agua, "Water in a Mainstream Issue".

36 Anupam Mishra, "An Irrigation Project That Has Reduced Farm Production", Centre for Science and Environment, Nueva Delhi, 1981.

que al evaporarse el agua de la superficie deja un residuo perjudicial de sal. De acuerdo con algunos cálculos, la saturación y el ensalitramiento están esterilizando de 1 a 1.5 millones de hectáreas de tierra fértil, cada año. Este problema es particularmente grave en Pakistán y la India (donde se estima que se han degradado 12 millones de hectáreas), el Valle de México, el Valle de Helmund en Afganistán, las cuencas del Tigris y del Eufrates en Siria e Iraq, el Valle San Joaquín en California, la planicie del norte de China y la parte central del Asia soviética.³⁷ En estas regiones, la saturación y/o ensalitramiento amenazan con disminuir las ganancias que los nuevos y costosos proyectos de riego pretenden obtener con la producción de alimentos.

37 Estimación mundial en V.A. Kovda, "Loss of Productive Land due to Salinization", *Ambio*, Vol. 12, No. 2, 1983; cálculos de la India y Pakistán en Gilbert Levine et al., "Water", preparado para la Conferencia sobre Producción Agrícola: Estrategias de investigación y desarrollo para los 1980, Bonn, Alemania Occidental, del 8 al 12 de octubre, 1979; otras áreas en Biswas, "Major Water Problems", y otras fuentes

Abastecimientos seguros

Cuando los recursos naturales son insuficientes para atender las demandas de una región, los planificadores e ingenieros responden con la construcción de presas para captar y almacenar los escurrimientos que de otra manera completarían el ciclo hidrológico "sin uso", así como con la desviación de ríos para redistribuir el agua de zonas de menor necesidad a otras de mayor requerimiento.

Al igual que la demanda de agua, el número y escala de las obras para incrementar los recursos disponibles también han aumentado. En la actualidad miles de presas se extienden por los ríos del mundo con una capacidad de almacenamiento en conjunto de aproximadamente dos mil kilómetros cúbicos de agua, volumen que incrementa 17% los 12 mil kilómetros cúbicos de escurrimientos naturales renovables que se derivan de las aguas subterráneas y de los lagos. La mayor parte de esta capacidad se construyó desde mediados de siglo cuando el ritmo de construcción de grandes presas se aceleró abruptamente, de hecho las cien presas más grandes del mundo, con excepción de siete, se terminaron antes de la Segunda Guerra Mundial.³⁸

Muchos países industrializados han encontrado que los sitios factibles para construir nuevas presas han disminuido y que el costo de nuevas instalaciones de almacenamiento está aumentando rápidamente. En los Estados Unidos, entre los

³⁸ Cálculo de la capacidad de almacenamiento basado en M.I. L'vovich, *World Water Resources and Their Future*, traducción editada por Raymond L. Nace (Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1979); cifras de construcción de grandes presas en Van der Leeden, *Water Resources of the World*, y en Philip Williams, "Damming the World", *Not Man Apart*, octubre, 1983.

veinte y los sesenta, la capacidad de almacenamiento creció 80% en promedio cada diez años.

En la medida en que se fueron aprovechando los sitios de valles angostos cualquier nueva capacidad requería presas de materiales graduados más anchas. En los sesenta se necesitaba 36 veces más material que en los años veinte para construir la misma capacidad de almacenamiento. Con la correspondiente escalada en los costos de construcción, el desarrollo de almacenamientos disminuyó significativamente.³⁹

Un clima y una geografía favorables han disminuido la necesidad de construir grandes presas en la mayor parte de Europa, si se compara con el oeste de los Estados Unidos. Sin embargo, para atender la creciente demanda muchas naciones europeas planean aumentar su capacidad de almacenamiento en la próxima década (véase el cuadro 6), aunque un estudio de 1981 de la Comisión Económica Europea de la ONU expone sus dudas acerca de la materialización de los ambiciosos planes de algunos países. Los altos costos y la creciente oposición de la población a que se inunden valles y tierras de cultivo, se han convertido en importantes obstáculos para la construcción de presas, por eso a pesar de los pronósticos gubernamentales que "optimistamente predicen" duplicar o triplicar la capacidad de almacenamiento, la evaluación de la Comisión concluyó que algunos países ya llegaron al límite en el desarrollo de su capacidad de almacenamiento.⁴⁰

En los países en desarrollo la construcción de presas está en pleno auge como hace dos décadas el mundo industrial vivió la era de las grandes presas. En el Tercer Mundo se encuentran dos tercios de las presas de más de 150 metros de altura que están programadas para terminarse en esta década.⁴¹

Las grandes presas, diseñadas principalmente para generar energía eléctrica y suministrar agua de riego, son atractivas porque plantean una solución a los fuertes dilemas del desarrollo ya que prometen mayor independencia energética y autosuficiencia alimentaria. Desafortunadamente los altos costos, la escasa planeación y la perturbación ambiental son un legado de expectativas fracasadas que sugieren que estas obras no son la panacea que una vez se pensó.

El Programa de Desarrollo Mahaweli en Sri Lanka que comprende la construcción de cuatro grandes presas sobre el río de ese nombre, tiene el objetivo de triplicar la capacidad nacional de generación de energía eléctrica e irrigar 130

39 U.S. Geological Survey, *National Water Summary* 1983.

40 CEE de las NU, *Long Term Perspectives for Water Use and Supply*.

41 Williams, "Damming the World".

Cuadro 6. Capacidad de almacenamiento en algunos países en 1970 con proyecciones a 1990

País	Capacidad total	Aumento de capacidad proyectada 1970-90
	(kilómetros cúbicos)	(porcentaje)
Bélgica	0.1	79
Bulgaria	2.7	296
Canadá	518.0	-
Checoslovaquia	3.3	76
Alemania Oriental	0.9	156
Francia	2.0	-
Grecia	8.7	78
Polonia	26.0	127
Portugal	5.3	119
Rumania	2.6	746
Suecia	27.1	0
Unión Soviética	830.0	60
Reino Unido	1.5	47
Estados Unidos	670.0	15
Alemania Occidental	2.3	-

Fuente: Comisión Económica Europea de la Naciones Unidas, *Long Term Perspectives for Water Use and Supply in the ECE Region*, Naciones Unidas, Nueva York, 1981.

mil hectáreas adicionales. A pesar de contar con dos presas terminadas, la viabilidad del proyecto a largo plazo está en peligro debido a que en sólo cuatro años los costos de capital se han duplicado presionando seriamente las finanzas gubernamentales; además en las inspecciones que realizaron agencias patrocinadoras del proyecto -incluyendo la Agencia para el Desarrollo Internacional y el Banco Mundial- se descubrieron serios problemas en el diseño y la construcción, mismas que llevaron a la conclusión, en 1982, de que sin grandes esfuerzos correctivos los canales de irrigación no operarían como estaba planeado. Los estudios advertían que a menos que se reforestaran las laderas desmontadas

de los cerros, los escurrimientos arrastrarían grandes cantidades de tierra río abajo, amenazando con acumular sedimentos en las presas y canales y reducir la fertilidad del suelo.

No obstante lo anterior, la reforestación no se inició sino hasta más de una década después de comenzado el proyecto, y para finales de 1982 sólo se había llevado a cabo en menos del uno por ciento del área destinada para ello. El escritor John Madeley apunta: "la presa Victoria está inundando las casas de 45 mil personas que cuando se establecen en una nueva región, la falta de atención a la reforestación no podrá apoyar sus esperanzas de hacer una nueva vida".⁴² La experiencia de Sri Lanka con el proyecto Mahaweli no es única. Los proyectos de grandes presas, aunque emprendidos con la intención de aumentar la producción alimentaria y los niveles de vida de la población, a menudo son tan costosos y complejos que con frecuencia se descuidan otras tareas esenciales para el éxito del proyecto. Como se dijo anteriormente, enormes superficies de tierra cultivable se están saturando y ensalitrando como consecuencia de una excesiva filtración de las presas y canales y al escaso drenado de los campos. La deforestación y el sobrepastoreo están perturbando el flujo del agua en los campos ya que los bosques y pastizales absorben el escurrimiento y le permiten fluir lentamente por la subsuperficie, pero conforme los cerros se van deforestando la erosión llena las costosas presas con sedimentos y provoca que desaparezcan los arroyos de las temporadas de sequía.

En el Tercer Mundo es indispensable el manejo de cuencas para estabilizar los escurrimientos y revertir el vicioso ciclo de inundaciones, pérdidas de tierra, disminución en la producción y sequía perene. En Malasia, la transformación de bosques naturales en plantaciones de goma y palma de aceite duplicó el escurrimiento máximo y redujo a la mitad el flujo de la temporada de sequía. En la

42 Inspecciones de la agencia en U.S. General Accounting Office, *Irrigation Assistance to Developing Countries Should Require Stronger Commitments to Operation and Maintenance* (Washington, D.C.: U.S. General Accounting Office 1983); John Madeley, "Big Dam Schemes-Value for Money or Non-Sustainable Development?", *Mazingira*, Vol. 7, No. 4, 1983.

pequeña isla Dominicana, la deforestación ha contribuido a disminuir en 50% el flujo de las corrientes de tiempo de sequía.⁴³

Aunque casi imposible de cuantificar, es probable que la deforestación -calculada en 11.3 millones de hectáreas anuales- disminuya los escurrimientos estables del Tercer Mundo tanto como las costosas presas y almacenamientos los están aumentando. A menos que los peligros de la deforestación, el sobrerriego y el ensalitramiento se contrarresten las grandes obras acabarán gastando capital y degradando los suelos a cambio de muy pocos beneficios duraderos.⁴⁴

Al igual que las presas y almacenamientos, los proyectos para desviar agua de una cuenca a otra han aumentado en número y escala en respuesta a la creciente demanda de agua. En casi toda región importante con escasez de agua se han formulado proyectos para importar agua de fuentes distantes, sólo que la mayoría de ellas se desarrollaron en una era en que la energía y el capital eran relativamente baratos, y cuando los valores ambientales no formaban parte del análisis costo-beneficio de una obra.

La historia conjunta de los proyectos de grandes desviaciones se caracteriza por largos periodos de estudio, abandonos periódicos, cálculos multibillonarios en dólares y una creciente preocupación por sus efectos en la ecología (véase el cuadro 7), muchos de ellos probablemente nunca saldrán de los pizarrones y los que lo han hecho así como los que ya están terminados son más el resultado de conveniencias políticas que de análisis objetivos de varias opciones.

Al principio de los cincuenta, oficiales y científicos chinos iniciaron el estudio para desviar agua de la cuenca del río Chang Jiang (Yangtzé) en China Central, a las regiones del norte. Después de que el proyecto permaneció archivado durante años, en 1983 se aprobó la construcción de la primera etapa de lo que se conoce como la Ruta del Este.⁴⁵ Esta obra que comprende principalmente la reconstrucción del viejo Gran Canal, beneficiará la navegación aunque no se terminen otras fases del proyecto. Los planes a largo plazo requieren bombear agua

43 Para un excelente debate de estas interacciones de agua y tierra, véase Malin Falkenmark, "New Ecological Approach to the Water Cycle: Ticket to the Future", *Ambio*, Vol. 13, No. 3, 1984; ejemplo de Malasia en Eneas Salati y Peter B. Vose, "Amazon Basin: A System in Equilibrium", *Science*, 13 de julio, 1984; ejemplo de la Dominicana en Robert S. Goodwin, "Water Resources Development in Small Islands: Perspectives and Needs", *Natural Resources Forum*, enero, 1984.

44 Para una evaluación de proyectos seleccionados de grandes presas véase Environmental Policy Institute, "Fact Sheets on International Water Development Projects", Washington, D.C., 1984.

45 Asit K. Biswa, "Water Where It's Wanted", *Development Forum*, agosto/septiembre 1983.

660 kilómetros hacia el norte, al río Huang Ho o río Amarillo, de donde fluirán por gravedad 490 kilómetros más, hacia la proximidad de Tianjin. Los expertos chinos

Cuadro 7. Proyectos seleccionados de desviaciones de ríos importantes

Proyecto	Distancia	Volumen planeado anual	Costo de capital estimado	Estado actual
	(kilómetros)	(kilómetros cúbicos)	(miles de millones de dólares)	
Río Chang Jiang-Planicie del Norte de China	1,150	15.0	5.2 ⁽¹⁾	En 1983 decisión para iniciar construcción
Ríos del norte de Europa-Cuenca del Mar Caspio, URSS	3,500	20.0	3.1	En 1986 empezará la construcción
Ríos de Siberia-Asia Central URSS	2,500	25.0	41.0	Preparando diseños de ingeniería, decisión pendiente
Proyecto Central de Arizona, EUA	536	1.5	3.5	Iniciar entregas a Fénix en dic. 1985; a Tucón en 1991

Proyecto de Agua del Estado de California, EUA	715	5.2	3.8 (2)	Opera al 60% de su capacidad planeada
Ríos del oeste central-Planicies Altas, EUA (3)	600-1600	2.0-7.4	5.5-35.0	Sin actuar

(1) Un cálculo publicado que analistas de proyecto consideran bajo; el costo se puede duplicar fácilmente.

(2) Sólo incluye los costos incurridos y proyectados hasta 1995; el Estado todavía tiene que desarrollar nuevas propuestas (y cálculos de costos) para aumentar significativamente la capacidad del proyecto sobre los niveles existentes.

(3) Se estudiaron cinco desviaciones diferentes. La cifra menor de cada columna corresponde a la desviación del río Misuri al oeste de Kansas, la alternativa menos costosa; la cifra mayor corresponde a la desviación de varios ríos del sur-centro a Oklahoma y Texas, la alternativa más costosa.

Fuente: Worldwatch Institute, basado en varias fuentes.

calculan que se necesitarán doce estaciones de bombeo con una capacidad instalada total de cerca de mil megawatts, equivalente a una planta nuclear o de carbón muy grande. El sistema transportará cerca de 15 kilómetros cúbicos de agua en un año promedio y hasta el doble en un año de sequía, la mayor parte de la cual se usará para expandir y mejorar el riego en 4.3 millones de hectáreas y el resto para aumentar el abastecimiento municipal e industrial de Tianjin.⁴⁶

Con un costo estimado de cinco mil doscientos millones, monto que los analistas dicen que fácilmente se puede duplicar, los oficiales chinos están procediendo comprensiblemente con cautela. Bruce Stone, miembro de un grupo de expertos que están estudiando las propuestas de los chinos para desviar agua, dice que la transferencia puede ser una forma riesgosa y costosa de aumentar la producción de granos en la planicie del norte de China y señala que la mayoría de

46 Yao Bangyi y Chen Qinglian, "South-North Water Transfer Project Plans", en Adit K. Biswas et al., eds., *Long-Distance Water Transfer* (Dublín Tycooly International Publishing Ltd., 1983).

las tierras de riego alrededor de Tianjin ahora sólo produce 1.8 toneladas por hectárea mientras que una porción más pequeña rinde 2.3 toneladas.

El aumento en la producción que se gana por expandir el riego a una hectárea de rendimiento promedio, se podría obtener mejorando la eficiencia de 3 o 4 hectáreas que ya están bajo riego para producir mayores rendimientos. Más aún, sin una mejor administración y drenaje de las tierras irrigadas, el agua puede empeorar el ensalitramiento de las tierras de cultivo de la planicie del norte, que ya redujo las cosechas en 2.7 millones de hectáreas y amenaza otras 4.7 millones.⁴⁷

En años recientes oficiales de la Unión Soviética han revivido viejas ideas acerca de la desviación de los ríos del norte a regiones más pobladas del centro y sur de Europa y Asia. Uno de estos proyectos pretende transferir agua de los lagos y ríos del norte de Europa a la cuenca del Volga con el fin de estabilizar el nivel del mar Caspio. Una propuesta todavía más ambiciosa es la de desviar los ríos de Siberia al sur y centro de las repúblicas asiáticas, donde se esperan déficits de 100 kilómetros cúbicos para finales de siglo.

En la región, la creciente población y el intenso poder político han aumentado la presión para resolver los problemas de desempleo y escasez de agua. En 1980, Thane Gustafson observó que aparentemente "la libertad de que gozaban los técnicos para criticar u oponerse a los proyectos de desviaciones se había vuelto hostil a la prioridad política de los proyectos", y señaló que el mayor obstáculo para proseguir con las desviaciones era "el escaso capital de inversión que hace improbable un compromiso a gran escala de los líderes, en el corto plazo".⁴⁸

Sin embargo, en enero de 1984, el Consejo de Ministros de la URSS pidió un diseño detallado de la ingeniería de los 2,500 kilómetros de obra que van del río Ob al Amu Darya. De aceptarse los proyectos, la construcción podría empezarse en 1988 y el agua que ahora drena hacia el Artico podría dirigirse a las tierras de algodón e industrias del centro de Asia para finales de siglo. Se calcula un costo de

47 Bruce Stone, "The Chang Jiang Diversion Project: An Overview of Economic and Environmental Issues", en Biswas et al., *Long-Distance Water Transfer*; cálculos de costo también en Asit K. Biswas, "U.S. \$12 Billion Plan to Redistribute China's Water Wealth", *South*, abril, 1982.

48 Para un debate de los planes de desviación en Siberia, véase O.A. Kibal'chich y N.I. Koronkevich, "Some of the Results and Tasks of Geographic Investigations on the Water-Transfer Project", *Soviet Geography*, diciembre, 1983; la cita es de Gustafson, "Technology Assessment, Soviet Style".

18 mil millones de dólares para la capacidad de transferencia inicial, de 25 kilómetros cúbicos, en el principal canal de desvío y de 23 mil millones para las instalaciones que distribuirán el agua cuando ésta llegue a su destino.⁴⁹

Mientras tanto, algunos científicos soviéticos todavía sostienen que hay un potencial considerable para incrementar la eficiencia de uso del agua en la región que se desea beneficiar. De acuerdo con una opinión, el uso conservador de agua en la agricultura y la industria podría ahorrar hasta la mitad del volumen inicial de la transferencia propuesta; es más, como en el proyecto chino, el agua desviada podría extender el grave problema de ensalitramiento de las tierras de riego.⁵⁰

En los Estados Unidos, desde 1976 no se han autorizado nuevas obras federales para agua, a pesar de que desde principios de siglo se ha pasado las autorizaciones al Congreso cada dos años. Más importante aún es que los fondos para la construcción de obras hidráulicas (a excepción de tratamiento de aguas residuales) ha disminuido constantemente en los últimos ocho años; en 1984 las asignaciones fueron cerca de 70% menores en términos reales, que en 1976.⁵¹ El escaso capital y el déficit federal de 180 mil millones están obligando a terminar una larga etapa de subsidios ya que pocos de estos proyectos han brindado suficientes beneficios para justificar sus altos costos. Un ejemplo es el Proyecto Central de Arizona (CAP, Central Arizona Project), que contempló una gran desviación del río Colorado para abastecer a la creciente población de Arizona. Mucho antes que las primeras gotas del CAP se destinaran a Phoenix y Tucson, el economista Thomas Power de la Universidad de Montana dijo que no sólo la proporción beneficio-costo era menor a uno, sino que "de cada dólar que se había invertido sólo se podían obtener unos centavos a cambio".⁵²

49 Philip P. Micklin, "Recent Developments in Large-Scale Water Transfers in the USSR", *Soviet Geography*, abril, 1984; Micklin, comunicación personal del 16 de octubre, 1984.

50 Potencial del ahorro de agua y riesgos del ensalitramiento en el resumen de los comentarios de O.A. Kibal'chich en una conferencia en Irkutsk, Unión Soviética, agosto, 1983 y publicado en *Soviet Geography*, diciembre, 1983.

51 U.S. Congressional Budget Office, *Efficient Investments in Water Resources: Issues and Options* (Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1983).

52 Thomas M. Power, "An Economic Analysis of the Central Arizona Project, U.S. Bureau of Reclamation", Departamento de Economía, Universidad de Montana, Missoula, Mont., 1978.

En Estados Unidos, otro gran obstáculo para construir obras hidráulicas es la oposición del público -en algunos casos, tal vez, insuperable. El Proyecto de Agua para el estado de California (SWP, California State Water Project), uno de los proyectos más complejos jamás diseñado y que está operando al 60% de su capacidad anual planeada, es un buen ejemplo. A la fecha los costos de capital suman cerca de tres mil cuatrocientos millones y la necesidad de elevar el agua 590 metros sobre las montañas Tehachapi garantiza altos costos de energía, mismos que en 1983 sumaban más de 100 millones de dólares.⁵³

En California, dos administraciones sucesivas han fracasado en obtener el apoyo necesario para construir instalaciones adicionales que permitan transferir más agua del norte a Los Angeles y los valles agrícolas del sur. En 1982, por medio de un referendium, los votantes rechazaron la propuesta del Canal Periférico, derrota que reflejó su preocupación por los efectos ecológicos del Canal alrededor del delta Sacramento-San Joaquín y principalmente, acerca de la ventaja de hacer costosas exportaciones de agua en lugar de mayores esfuerzos de ahorro por parte de los usuarios del sur.

Otra propuesta, conocida como el plan "a través del delta", murió en la asamblea de agosto de 1984 cuando los proponentes se percataron de que no podrían evitar un referendium. Cada vez será más difícil en los próximos años obtener la aprobación de cualquier plan que canalice un volumen sustancial de agua hacia el sur.⁵⁴

Mientras los planes para aumentar reservas seguras de agua por medio de presas y desviaciones de ríos se vuelven menos prometedoras, almacenar los excedentes de los escurrimientos bajo tierra está recibiendo mayor atención. La recarga artificial de acuíferos -ya sea por infiltración de agua de la superficie o por inyección a un pozo- es una manera de estabilizar los mantos freáticos y de incrementar la reserva de escurrimientos para usos posteriores. El almacenamiento subterráneo evita bloquear el flujo de los ríos, minimiza la competencia por la tierra y elimina grandes pérdidas de agua por evaporación; tres de las principales objeciones de los almacenamientos superficiales.

53 Costos actuales en Steve Macauley, ingeniero supervisor de State Water Project Analysis Office, California Department of Water Resources, comunicación personal del 23 de octubre, 1984; costos de bombeo en California Department of Water Resources, *Management of the California State Water Project* (Sacramento: California Resources Agency, 1983).

54 Jack Foley, "Governor's Water Bill Dead for this Year", *San Jose Mercury News*, 7 de agosto de 1984; comunicación personal con miembros del California Department of Water Resources, junio y agosto, 1984.

Más de 20 países ya tienen proyectos para recargar artificialmente aguas subterráneas aunque sólo en pocos casos se ha adoptado esta medida a gran escala. Israel transporta 300 millones de metros cúbicos de agua de norte a sur cada año, a través del Sistema Nacional de Transporte de Agua (National Water Carrier System) y almacena dos terceras partes de ella bajo tierra; el agua se utiliza para satisfacer las fuertes demandas del verano y representa una reserva confiable para los años de sequía.⁵⁵

En California, EUA, las agencias locales de agua que han estado recargando acuíferos desde los años veinte inyectan anualmente dos mil quinientos millones de metros cúbicos en cuencas subterráneas. A medida que las opciones para construir presas se hacen más limitadas, el Departamento de Recursos Hidráulicos del estado empezó a investigar seriamente la posibilidad del almacenamiento subterráneo de manera que en 1980, el Departamento tenía 34.5 millones de metros cúbicos almacenados en dos áreas de demostración separadas del Proyecto Estatal de Agua (SWP, State Water Project). Cálculos preliminares de siete cuencas subterráneas indican un potencial para aumentar el rendimiento anual del SWP en cerca de 500 millones de metros cúbicos, a un costo unitario por lo menos 35 a 40% menos que el costo promedio del agua de nuevos almacenamientos superficiales.⁵⁶ Además, en el otoño de 1984, el Congreso de los EU promulgó una legislación que autoriza proyectos demostrativos para recargar acuíferos en 17 estados del oeste, incluyendo el decreciente Ogallala.⁵⁷

El almacenamiento subterráneo representa un potencial especial para los países del Tercer Mundo que están sujetos a inundaciones destructivas y a perenes sequías de climas monsonicos ya que capturar y almacenar bajo tierra los escurimientos excesivos convierte las dañinas inundaciones en reservas estables, al

-
- 55 Proyectos en el mundo en Jay H. Lehr, "Artificial Ground-Water Recharge: A Solution to Many U.S. Water-Supply problems", *Ground Water*, mayo/junio 1982; proyecto de Israel citado en Robert P. Ambroggi, "Underground Reservoirs to Control the Water Cycle", *Scientific American*, mayo, 1977.
- 56 California Department of Water Resources, *The California State Water Project-Current Activities and Future Management Plans* (Sacramento: California Resources Agency, 1980); California Department of Water Resources, *Management of the Water Project*; Helen Peters, especialista en aguas subterráneas, California Department of Water Resources, comunicación personal, octubre, 1984; cálculo del costo medio de nuevos almacenamientos superficiales en Ronald B. Robie, "Irrigation Development in California-Construction of Water Management?", en *Irrigation Challenges of the 80's* (St. Joseph, Mich.: American Society of Agricultural Engineers, 1981).
- 57 Environmental and Energy Study Institute, *Weekly Bulletin*, 26 de marzo, 1984; Russell Brown, Subcommittee on Water and Power, Senate Committee on Energy and Natural Resources, comunicación personal, octubre, 1984.

mismo tiempo que evita las grandes pérdidas por evaporación que ocurren en los almacenamientos superficiales. En la India, el almacenamiento subsuperficial ha despertado interés como una forma de proveer una fuente confiable para regar los productivos suelos de la planicie del Ganges ya que de acuerdo con algunos cálculos, una Planicie totalmente irrigada puede producir cosechas suficientes para tres cuartas partes de la población de la India.⁵⁸

En la planicie del norte de China, también propensa a sequías crónicas, el agua de ríos superficiales cercanos se desvía a un almacenamiento subterráneo con capacidad de 480 millones de metros cúbicos y se espera que cuando se llene completamente proporcione agua para regar 30 mil hectáreas. Varios condados de la provincia de Hebei también están recargando acuíferos artificialmente con el fin de combatir el descenso de los mantos freáticos.⁵⁹

Muchos acuíferos se recargan por infiltración de los canales de riego; en esos casos la administración conjunta de agua subterránea y superficial puede ayudar a prevenir la saturación y el ensalitramiento de la tierra, y a extender el área de riego sin desarrollar fuentes adicionales de agua superficial. Esta estrategia se intentó en el Valle Indio de Pakistán, donde una red de 60 mil kilómetros de canales se extiende sobre un enorme almacenamiento subterráneo. Para mediados de los sesenta, las infiltraciones de los canales habían triplicado el volumen de recarga del acuífero y la subsecuente subida del manto freático ocasionó una saturación extensiva. Después de un estudio de la región, patrocinado por el Banco Mundial, el gobierno pakistaní empezó a subsidiar la instalación de pozos para aprovechar la gran cantidad de agua que se había reunido en el subsuelo durante décadas.

Se han instalado cerca de 11 mil pozos públicos por parte de un programa de gobierno y los agricultores por su parte han colocado más de cien mil pozos privados que aunque contruidos para abastecerlos de agua para riego también ayudan a controlar la saturación. Desafortunadamente mucha del agua bombeada es demasiado salada para poder usarse a menos que se mezcle con agua más pura y además, la escasa operación y mantenimiento han convertido los pozos públicos en una carga para el gobierno. Sin embargo, la estrategia de administrar en forma

58 Widstrand, *Water Conflicts and Research Priorities*.

59 Smil, *The Bad Earth*.

integrada el agua superficial y la subterránea puede ofrecer ventajas sustanciales cuando las condiciones físicas son apropiadas y se logra la coordinación técnica e institucional necesaria.⁶⁰

La recarga artificial a pequeña escala ha ayudado a aumentar los abastecimientos locales durante décadas. El pueblo de Minot en Dakota del Norte optó por este procedimiento cuando se enfrentó a una escasez crónica de agua y a un descenso rápido de los niveles del agua. Su sistema completo de recarga costó sólo 1% de lo que hubiera costado un acueducto desde el Misuri, otra alternativa para abastecer el pueblo. Después de seis meses de operación, en algunas porciones del acuífero el nivel del agua había subido más de seis metros.⁶¹

A pesar de una multitud de ejemplos exitosos a nivel local esta práctica todavía está lejos de alcanzar todo su potencial. De acuerdo con Jay H. Lehr, Director Ejecutivo de la Asociación Nacional de Pozos de Agua en los Estados Unidos, la eficiencia del almacenamiento subterráneo "ha sido probada en todo el mundo. Los costos de ninguna manera irrelevantes son razonables en vista de otras alternativas y una ganga comparados con los grandiosos proyectos de las supermentes del Cuerpo de Ingenieros del Ejército y de la Oficina de Reclamaciones".⁶² El científico soviético, M.I. L'vovich predijo que "el siglo XXI será sin duda el siglo de las reservas subterráneas".⁶³

De las formas menos convencionales para aumentar los recursos hidráulicos de una región -como sembrar nubes para inducir la precipitación, arrastrar icebergs y desalar agua de mar- la desalación parece la alternativa más viable ya que 97% del agua de la tierra está en el mar. La desalación parece resolver el problema de la limitación de los abastecimientos, sin embargo, varias tecnologías que han

-
- 60 Ambroggi, "Underground Reservoirs", William R. Gasser, *Survey of Irrigation in Eighth Asian Nations* (Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1981); problemas del proyecto en Ian Carruthers y Roy Stoner, *Economic Aspects and Policy Issues in Groundwater Development* (Washington, D.C.: The World Bank, 1981) y por Douglas Merrey, Agency for International Development, comunicación privada, octubre, 1984.
- 61 Wayne A. Pettyjohn, *Introduction to Artificial Ground Water Recharge* (Columbus, Ohio: National Water Well Association, 1981).
- 62 Lehr, "Artificial Ground-Water Recharge".
- 63 L'vovich, *World Water Resources and their Future*.

probado ser efectivas todavía son muy caras para su uso generalizado debido a las grandes cantidades de energía que requieren. Desalar agua de mar es generalmente diez veces más caro que abastecer agua de fuentes convencionales y aplicar el proceso a agua salina cuesta 2.5 veces más.

Actualmente la capacidad de desalación mundial es de 2.7 kilómetros cúbicos al año, menos de un décimo del 1% del agua que se usa en el mundo. El 60% de la capacidad mundial está en la península arábiga y en Irán, donde el agua superficial casi no existe y el agua subterránea con frecuencia es demasiado salada. Sin embargo, aún para estos países ricos en energéticos producir y transportar agua desalada tierra adentro es, en algunos casos, prohibitivamente caro, por eso aunque tal vez la desalación sea el último recurso es poco probable que sea la solución a corto plazo.⁶⁴

64 Office of Technology Assessment, *Water-Related Technologies for Sustainable Agriculture in U.S. Arid/Semiarid Lands* (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1983); cálculo del costo de la desalación en U.S. Comptroller General, *Desalting Water Probably Will Not Solve the Nation's Water Problems, But Can Help* (Washington, D.C.: U.S. General Accounting Office, 1979); uso en la península árabe en M.A. Khan et al., "Development of Supplies & Sanitation in Saudi Arabia", *African Technical Review*, junio, 1984.

Medidas de conservación de agua

Mientras las opciones costeables para aumentar las fuentes de agua disminuyen, la clave para alimentar la creciente población mundial, sostener el progreso económico y mejorar los niveles de vida está en aprender a usar los recursos existentes con mayor eficiencia. Utilizar menos agua en el cultivo de granos, la fabricación de acero y el uso de excusados aumenta la disponibilidad de agua para otros usos tanto como el construir una presa o desviar el cauce de un río. Aunque el perfil de la estrategia para frenar la demanda de agua está claro, no hay una receta aplicable a todas las regiones; el desafío consiste en lograr la mejor combinación de tecnología, política económica, leyes e instituciones para cada escenario hidráulico.

Ya que la agricultura reclama la mayor parte de los balances de agua de todas las naciones y es por mucho el sector que más agua consume, ahorrar una pequeña fracción de esta agua libera una gran cantidad para otras necesidades. Aumentar 10% la eficiencia en riego en todo el mundo permitiría ahorrar agua suficiente para abastecer todas las necesidades domésticas. Como se dijo anteriormente, grandes cantidades de agua se infiltran por canales sin recubrir mientras fluyen hacia el campo y se aplica mucho más agua a los cultivos que la que necesitan para crecer. El costo de nuevos proyectos de irrigación, la limitación de los abastecimientos disponibles para extender el riego y los altos costos de bombeo están forzando a los gobiernos, agencias internacionales de préstamos y agricultores por igual, a encontrar la manera de hacer más eficiente el uso del agua en la agricultura.

La mayoría de los agricultores en los países en vías de desarrollo y los industrializados utilizan sistemas de riego por gravedad, el método más antiguo y

menos costoso. Estos sistemas distribuyen el agua de un pozo o de un canal superficial por medio de acequias o sifones sin recubrimiento. Generalmente sólo una pequeña cantidad llega a la raíz de los cultivos mientras que gran parte se drena. Los sistemas por aspersión que se venden en muchas variedades y que aplican el agua salpicándola, usan más energía que los sistemas de gravedad y requieren de mucho capital para su instalación, pero han llevado el riego a tierras empinadas que de otra manera sólo podrían ser de temporal. Un diseño, -el sistema de pivote central- fue en gran parte responsable de la rápida expansión de la irrigación en las Altas Planicies norteamericanas en las últimas décadas.⁶⁵

Los sistemas de riego por goteo, desarrollados en Israel durante los sesenta, suministran agua y fertilizante directamente en o debajo de la tierra. Una extendida red de tubería perforada libera agua cerca de la raíz de las plantas, minimizando la evaporación y las pérdidas por infiltración. Hasta ahora, este costoso sistema se ha usado principalmente en huertos con cultivos caros ubicados en áreas con poca agua. Hoy en día el riego por goteo se usa en cerca de 10% del área irrigada de Israel donde los experimentos en el desierto Negev han arrojado un aumento en el rendimiento por hectárea de 80% sobre los sistemas de aspersión. En los Estados Unidos, este sistema, introducido en los setenta, ahora riega una superficie de 200 mil hectáreas y poco a poco se está usando también en cultivos de zorcos.⁶⁶ En el seco noreste de Brasil, el Banco Interamericano de Desarrollo está financiando un proyecto que experimenta un diseño para regar cultivos en lugares con escasez de agua y bajos ingresos agrícolas.⁶⁷

La mayoría de los expertos en irrigación concuerdan en que actualmente la eficiencia obtenida en el uso del agua en el campo depende tanto del tipo de sistema de riego empleado como de su operación. Aunque el riego por goteo, por su diseño

65 Una descripción concisa de sistemas de irrigación en Office of Technology Assessment, *Water-Related Technologies for Sustainable Agriculture in U.S. Lands*.

66 Experimentos en Negev en "Israel's Water Policy: A National Commitment", Office of Technology Assessment, *Water-Related Technologies for Sustainable Agriculture in U.S. Arid/Semiarid Lands: Selected Foreign Experience* (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, mayo, 1983); Office of Technology Assessment, *Water-Related Technologies for Sustainable Agriculture in U.S. Lands*; Jay H. Lehr, "Increased Irrigation Efficiency Will Ultimate y Silence the Water-Short Blues of the Wasteful West", *Ground Water*, marzo/abril, 1983.

67 *IDB News*, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C., Vol. 10, No. 4.

es inherentemente más eficiente, el gran rango promedio de eficiencia de cada sistema -40-80% para los de gravedad, 75-85% para los de aspersión con pivote central, y 60-92% por goteo- demuestra que la operación es un factor clave. Los agricultores que utilizan sistemas convencionales de gravedad pueden disminuir 30% sus demandas, captando y reciclando el agua que de otra manera se drenaría. Algunas jurisdicciones de EU ya requieren el empleo de sistemas que reusan el agua de coleo, práctica que también para los agricultores ha resultado más económica, ya que bombear agua del final del zurco al canal de riego principal generalmente requiere menos energía que bombearla desde la fuente, particularmente cuando se trata de un pozo profundo.⁶⁸

Los agricultores también pueden reducir sus extracciones programando el riego de acuerdo con las condiciones del clima, los índices de evapotranspiración, la humedad del suelo y los requerimientos de agua de sus cultivos. Aunque aparentemente esto significa entrar en detalles excesivos, una planeación cuidadosa puede reducir el consumo de agua de 20 a 30%. En el Instituto de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de Nebraska un programa de cómputo llamado "IRRIGATE" utiliza datos de pequeñas estaciones climáticas en el estado para calcular la evapotranspiración de los diferentes cultivos que se siembran en el área. Los agricultores pueden llamar gratuitamente a un número telefónico para saber qué cantidad de agua utilizaron sus cultivos la semana anterior y entonces ajustar las fechas de su programa de irrigación en consecuencia.

El Departamento de Recursos Hidráulicos de California está lanzando un sistema similar con la meta de ahorrar 740 millones de metros cúbicos anuales para el año 2010; además está demostrando técnicas de riego en laboratorios móviles equipados para evaluar la eficiencia de todos los tipos de sistemas de riego -gravedad, aspersión y goteo- y recomienda la forma en que los agricultores pueden usar el agua con mayor eficiencia.⁶⁹

68 Rangos de eficiencia en J. Kellet et al., "Evaluation of Irrigation Systems", en *Irrigation Challenges of the 80's*; reúso de agua de coleo en Gordon Sloggett, *Energy and U.S. Agriculture Irrigation Pumping 1974-1980* (Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1982); E.G. Kruse et al., "Advances in Surface Irrigation", en *Irrigation Challenges on the 80's*.

69 Programa de Nebraska en Paul E. Fischbach, "Irrigation Management (Scheduling) Application", en *Irrigation Challenges of the 80's*; sistema de California descrito por Edward Craddock, California Department of Water Resources, Office of Water Conservation, comunicación personal del 21 de junio, 1984; Departamento de Recursos Hidráulicos de California, "The Mobile Agricultural Water Conservation Laboratory", folleto informativo preparado por Office of Water Conservation, Sacramento, Calif.

Israel es el pionero en el desarrollo de la irrigación automatizada. En ella las computadoras controlan el tiempo y la cantidad de agua que se aplica a los cultivos. La computadora no sólo define el gasto de agua sino que también detecta fugas, ajusta las aplicaciones de agua a la velocidad del viento y la humedad del suelo, y optimiza el uso de fertilizantes. Generalmente los sistemas se pagan en un periodo de 3 a 5 años con el ahorro de agua y energía y con el aumento en los rendimientos de las cosechas. Motorola Israel Ltd., la principal comercializadora de sistemas automatizados que exporta sus productos a otros países, en 1982 había vendido más de cien unidades en los Estados Unidos.

Los adelantos de Israel en el uso eficiente del agua para la agricultura a través de la adopción generalizada de sistemas de aspersión y de goteo y de prácticas óptimas de operación son impresionantes: el volumen promedio de agua por hectárea disminuyó cerca de 20% entre 1967 y 1981. Esto permitió extender el área de riego 39% con un aumento en la extracción de sólo 13 por ciento.⁷⁰

En el Tercer Mundo, donde el capital es cada vez más escaso para nuevos proyectos de construcción, la mejor opción a corto plazo para aumentar la producción y conservar los recursos disponibles es mejorar la operación de los sistemas de riego existentes. Recubrir los canales de riego puede reducir el desperdicio, prevenir la saturación y eliminar la erosión y el crecimiento de malezas que deterioran los canales de riego.⁷¹ Sin embargo, ya que el recubrimiento de canales es caro hay otras posibilidades que pueden resultar mejores en la relación costo-beneficio. La infiltración de los canales no es necesariamente un desperdicio de agua ya que aumenta el abastecimiento subterráneo, por eso la eficiencia en el uso del agua en una región agrícola se puede incrementar coordinando el uso y la administración del agua subterránea y la superficial, como se describió anteriormente en el caso del Valle Indio.

Los agricultores también necesitan controlar el agua de riego para mejorar el uso de los fertilizantes y otros insumos que aumentan el rendimiento. En la India, Pakistán y otros lugares se están construyendo salidas de agua de concreto que les permiten a los agricultores controlar mejor el tiempo y gasto del agua en sus campos.⁷² En Egipto, un proyecto piloto financiado por la Agencia Estadounidense

70 "Israel's Water Policy: A National Commitment".

71 U.S. General Accounting Office, *Irrigation Assistance to Developing Countries*; D.B. Kraatz, *Irrigation Canal Lining* (Roma: U.N. Food and Agriculture Organization, 1977).

72 Worth Fitzgerald, U.S. Agency for International Development, comunicación personal del 25 de abril, 1984.

para el Desarrollo Internacional que mejoró la administración de los sistemas de riego aumentó 35% el rendimiento del arroz. El sólo ahorro de agua justifica este tipo de inversiones. De acuerdo con algunos cálculos, en Pakistán, una mejoría en la operación del riego puede ahorrar anualmente 50 kilómetros cúbicos de agua -cuatro veces la capacidad de almacenamiento de la presa Tarbela en ese país- a una cuarta parte del costo de lo que sería desarrollar nuevos abastecimientos de agua.⁷³

Para frenar la demanda industrial de agua, el segundo sector que mayor volumen de agua extrae en el mundo, los problemas se abordan en dos sentidos: la liberación de grandes volúmenes de agua dulce para satisfacer otras necesidades competitivas y el poder reducir grandes cantidades del volumen de agua contaminada que se descarga a los ríos locales. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, la demanda de agua en el sector industrial crece más rápidamente que en el agrícola o el municipal, así que es esencial reducirla para lograr un crecimiento económico sostenido en regiones con escasez de agua y combatir los problemas de la contaminación que echan a perder rápidamente los abastecimientos disponibles.

En muchas industrias, la mayor parte del agua es para enfriamiento y otros procesos que no requieren que sea de calidad potable, de manera que una gran parte del agua que se extrae inicialmente se puede reciclar varias veces antes de disponer de ella. Las plantas de energía térmica pueden reducir sus requerimientos 98% o más si usan agua reciclada en sus torres de enfriamiento en lugar de los métodos típicos de enfriamiento de un solo paso.

Palo Verde es una planta de energía nuclear construida en el desierto fuera de Fénix, Arizona, que no está cerca de ningún cuerpo de agua y tomará agua tratada de las comunidades cercanas, misma que reusará 15 veces.⁷⁴ Las necesidades de agua de otras industrias también varían considerablemente dependiendo del grado de recirculación; fabricar una tonelada de acero puede requerir tanto como 200 mil litros o tan poco como cinco mil; y una tonelada de papel puede usar 350 mil litros o sólo 60 mil. Por otra parte, el reciclaje de los materiales mismos también puede

73 Mark Svendsen et al., "Meeting the Challenge for Better Irrigation Management", *Horizons*, marzo, 1983.

74 Harte y El-Gesseir, "Water and Energy"; "Thirsty Desert Plant Has Unique Water System", *The Phoenix Gazette*, 27 de junio, 1984.

reducir el consumo de agua industrial y las descargas de agua residual. Producir una tonelada de aluminio con desperdicios en lugar de usar metal virgen, reduce 97% la descarga de aguas residuales.⁷⁵

Para la industria manufacturera que usa grandes volúmenes de agua -metales primarios, químicos, productos alimenticios, pulpa y papel y petróleo- el costo del agua rara vez representa más del 3% de los gastos totales de fabricación. Los incentivos para usar el agua con mayor eficiencia se han derivado de escasas asignaciones de agua o de controles restrictivos de la contaminación.

En Israel, donde casi todos los recursos hidráulicos disponibles son aprovechados, el gobierno fijó cuotas sobre las cantidades de agua que puede recibir cualquier planta industrial. Para cada unidad de producción de las industrias se establece un estándar de uso de agua; a partir del cual se calcula la localización de la planta, multiplicando el estándar por el nivel anticipado de producción. Con este procedimiento, a medida que se desarrollan nuevas tecnologías los estándares se hacen cada vez más estrictos, en consecuencia en Israel, el promedio de uso de agua por valor unitario de producción industrial ha descendido 70% en las últimas dos décadas.⁷⁶

En Suecia, el uso de agua industrial se quintuplicó entre 1930 y la primera mitad de los sesentas, pero desde entonces ha mostrado un marcado descenso. Los estrictos requisitos de protección ambiental para la industria de la pulpa y el papel, que representa cerca de 80% de las extracciones industriales del país, promovió la adopción extensiva de tecnologías para reciclar el agua. A pesar de que la producción aumentó más del doble, entre el principio de los sesentas y el final de los setentas, la industria redujo el uso total del agua a la mitad, lo que incrementó cuatro veces la eficiencia en el uso del agua. Gracias a estos ahorros, las extracciones totales de Suecia a mediados de los setentas se redujeron a la mitad de lo que se había proyectado una década antes.⁷⁷

En muchas regiones de los Estados Unidos, los controles de la contaminación generados por leyes federales y estatales también están ayudando a frenar el uso industrial del agua; por ejemplo en las industrias de California, algunas inspec-

-
- 75 Rangos de uso de agua para acero y papel en Naciones Unidas, *Resources and Needs*; reducciones con reciclaje de aluminio en R.C. Ziegler, "Environmental Impacts of Virgin and Recycle Steel and Aluminium", Calspan Corporation, Búfalo, N.Y., 1976.
- 76 Saul Arlosoroff, "Water Management Policies Under Scarce Conditions: A Case Study-Israel", presentado en la Conferencia Water for the 21st Century: Will it be there?, Dallas, Tex., abril, 1984.
- 77 Comité Preparatorio Sueco, *Water in Sweden*.

ciones muestran que el uso total del agua disminuyó durante los setenta, a pesar de que el número de plantas creció 14%. Al igual que en Suecia, la industria de la pulpa y el papel inició las reducciones de agua, con una disminución de 45% en sus extracciones entre 1970 y 1979. Estos ejemplos todavía no se generalizan en todo el país, probablemente debido a los retrasos que ha habido en circular los requerimientos de control de la contaminación autorizados por el Clean Water Act (Acta de Agua Limpia). Es un hecho que las disminuciones ocurrirán cuando y donde se establezcan estándares estrictos.⁷⁸

Los países en desarrollo están en una situación privilegiada para aprovechar las nuevas tecnologías "recicladoras", ya que es más económico incorporar sistemas de uso eficiente y controles de la contaminación en las plantas nuevas que reacondicionar las viejas. La experiencia obtenida en el oeste de los Estados Unidos demuestra que si no se fijan tarifas tanto del agua como del agua residual lo suficientemente altas o controles de la contaminación severos las industrias no estarán motivadas a adoptar estas medidas. Muchas de las tecnologías disponibles pueden reducir el uso del agua y los efluentes residuales por lo menos 90%, un volumen muy importante que puede contribuir en gran medida a aliviar el abastecimiento de agua y los problemas de la contaminación en zonas de crecimiento industrial.

En una planta integrada de hierro y acero de Sao Paulo, Brasil, se realizó un estudio que mostró que la planta estaba extrayendo 12 mil metros cúbicos de agua por hora -muy contaminada con el drenaje de la ciudad- y que estaba descargando 22 mil toneladas de óxido de hierro y 2,600 toneladas de grasa anualmente en el estuario de Santos, cercano a esa población. Sin embargo, por aproximadamente 15 millones de dólares o sea, menos de un dólar por tonelada de la producción anual, la planta podría instalar un sistema que recirculara el agua y que reduciría uso del agua y las descargas contaminantes en 94 y 99 por ciento respectivamente.⁷⁹

Las demandas de uso doméstico y otras de carácter municipal rara vez representan más del 15% del balance de agua de una nación. Aunque en todo el

78 Reducciones de la industria de la pulpa y el papel de California en California Department of Water Resources, *Water Use By Manufacturing Industries in California*, 1979 (Sacramento: California Resources Agency, 1982).

79 Véase Compañía 3M, "Low or Non-Pollution Technology Through Pollution Prevention", preparado para el Programa del Ambiente de las Naciones Unidas, St. Paul, Minn, junio, 1982; estudio de Brasil en Division for Industrial Studies, "Water Use and Treatment Practices and other Environmental Considerations in the Iron and Steel Industry", Organización de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas, Viena, Austria, diciembre, 1981.

mundo sólo reclaman cerca de 7% de las extracciones totales, almacenar, tratar y distribuir estas aguas, así como recolectarlas y tratar las aguas residuales resultantes es cada vez más costoso. Lo que hace a las instalaciones de aprovisionamiento y tratamiento de agua sumamente sensible a la falta de capital y a las altas tasas de interés. En los Estados Unidos, las empresas que otorgan los servicios de agua y drenaje requieren en nuevas inversiones 8.5 billones de dólares en promedio, cada año. Para 1982-90, se espera que las necesidades de capital sumen cerca de 100 billones o más.⁸⁰ Al reducir el uso municipal del agua se pueden disminuir las cargas financieras, permitiendo que las empresas de agua y drenaje reduzcan la capacidad de las nuevas plantas y de las tuberías principales y de drenaje, así como los costos de energía y químicos que van asociados con el bombeo y tratamiento del agua.

Muchos aparatos electrodomésticos usan mucha más agua de la necesaria para realizar sus variadas funciones. Por ejemplo, la mayoría de los excusados en los Estados Unidos usan 18-22 litros por descarga, mientras que los diseños ahorradores de agua, recomendados por el Instituto de Plomería (Plumbing Manufacturers Institute), usan un promedio de 13 litros. Un excusado típico de Alemania Occidental usa sólo nueve litros por descarga y un nuevo modelo que satisface los estándares gubernamentales usa aproximadamente 7.5 litros, sólo una tercera parte de los modelos convencionales norteamericanos.

Con frecuencia, las regaderas salpican 20 o más litros por minuto, mientras que los diseños ahorradores pueden reducir esta cantidad por lo menos a la mitad. Los modelos ahorradores de lavadoras de platos y de ropa pueden disminuir el uso del agua 25-30% en comparación con los diseños convencionales. (Con sencillas medidas como éstas, el consumo doméstico se puede reducir fácilmente en un 33 por ciento.⁸¹ (Véase el cuadro 8.)

Los usuarios que instalan estos dispositivos y aparatos casi siempre ahorran dinero, ya que no sólo ahorran agua sino también la energía necesaria para

80 John J. Boland, "Water/Wastewater Pricing and Financial Practices in the United States", Metametrics, Inc., Washington, D.C., agosto, 1983.

81 Para cálculos de ahorro de agua y energía y costos de varias medidas de ahorro de agua, véase U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Program Operations, *Flow Reduction: Methods, Analysis Procedures, Examples* (Washington, D.C.: 1981); referencia a los excusados de Alemania Occidental en *World Environmental Report*, 4 de abril, 1984.

Cuadro 8. Uso anual de agua en los hogares de Estados Unidos y ahorros potenciales con medidas sencillas de conservación (1)

Actividad	Uso total de agua interior	Sin ahorrar	Ahorrando	Ahorro
	(porcentaje)	(miles de litros per cápita)		(porcentaje)
Excusado	38	34.5	16.4	52
Bañarse	31	27.6	21.8	21
Lavandería y platos	20	18.0	13.1	27
Beber y cocinar	6	5.5	5.5	0
Lavado de dientes, misc.	5	4.1	3.7	10
Total	100	89.7	60.5	33

(1) Cálculos basados en hábitos de uso del agua de una típica ama de casa de los Estados Unidos. Los excusados europeos a menudo usan menos agua que las cantidades supuestas aquí.

Fuente: Adaptado de la Agencia Estadounidense de Protección del Medio Ambiente, Oficina de Operaciones del Programa de Agua, *Flow Reduction: Methods, Analysis Procedures, Examples*, Washington, D.C., 1981.

calentarla. Una típica ama de casa de los Estados Unidos puede recuperar su inversión en dispositivos ahorradores comunes con la reducción en el costo del agua, drenaje y energía en sólo unos meses o en cuatro años cuando mucho.⁸² Israel, Italia y los estados de California, Florida, Michigan y Nueva York ya tienen leyes que requieren la instalación de varios aditamentos ahorradores en casas, departamentos y oficinas nuevas.⁸³

82 U.S. Environmental Protection Agency, *Flow Reduction*.

83 Stefano Burchi, "Regulatory Approaches to the Use of Water for Domestic Purposes", *Natural Resources Forum*, julio, 1983; Barbara Yeaman, Consultora de Facilites Requirements Division, U.S. Environmental Protection Agency, comunicación personal del 10 de agosto, 1984.

A pesar de los beneficios financieros potenciales a los consumidores y empresas, el ahorro municipal todavía se ve como un medio para combatir la sequía y rara vez como una estrategia de largo alcance. Sin embargo, los programas desarrollados por comunidades con escasez de agua para promover reducciones duraderas en el uso del agua, han arrojado resultados fructíferos. En Tucson, Arizona, la combinación de un aumento en los precios y de esfuerzos dirigidos a la educación del público, para animarlos a instalar aditamentos ahorradores en sus casas y reemplazar el pasto de sus jardines por plantas típicas de zonas áridas, llevó a una disminución en el uso del agua de 24% per capita. Como resultado, los costos del servicio de bombeo, de la empresa de Tucson, se redujeron y la perforación de nuevos pozos se diferió, de manera que los responsables esperaban que las boletas de agua fueran más bajas a largo plazo que lo que hubieran sido sin los esfuerzos de conservación de agua.⁸⁴

En El Paso, Texas, una de las ciudades con mayor escasez de agua en los Estados Unidos, un aumento en las tarifas y esfuerzos de educación de la población, también se han acreditado con reducciones sustanciales en el uso del agua. Proyecciones de abastecimiento de agua a largo plazo muestran un *conservation meeting* de cerca de 15-17% de las futuras necesidades de agua de la ciudad. Además de disminuir el ritmo de agotamiento de los abastecimientos de agua subterránea de El Paso, las medidas de conservación están ahorrando agua por un costo promedio de cerca de 135 dólares por 1000 metros cúbicos -8% menos que el costo promedio de los abastecimientos de agua existentes.⁸⁵

Hay muchas otras opciones disponibles para reducir la demanda de agua dulce. Algunas regiones han encontrado que el agua salobre y el agua residual tratada pueden satisfacer muchas de sus necesidades. En Arabia Saudita, los cultivos tolerantes a la sal como el betabel, la cebada, el algodón, la espinaca y la palma de dátíl, se riegan con agua salobre y de esa manera se ahorra el agua de mejor calidad para beber y para otras necesidades domésticas. Además, el agua

84 Adrian H. Griffin et al., "Changes in Water Rates and Water Consumption in Tucson, 1974 to 1978", *Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest*, Vol. 10, 1979; Stephen E. Davis, "Tucson's Tools for Demand Management", *Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest*, Vol. 8, 1979.

85 Lee Wilson and Associates, Inc., "Water Supply Alternatives for El Paso", preparado para El Paso Water Utilities Public Service Board, Santa Fe, N. Mex., noviembre, 1981.

residual tratada se reutiliza para regar algunos cultivos y jardines, recargar acuíferos y como un abastecimiento para ciertas industrias.⁸⁶ En Finlandia, Suecia, el Reino Unido y los Estados Unidos, las plantas de energía están empezando a utilizar agua salada o salobre para el proceso de enfriamiento.⁸⁷

En Sudáfrica, un país con sequía perenne, la política de agua hace una llamado específico a los usuarios para que "hagan uso de la mínima cantidad de agua, de la menor calidad aceptable en cualquier proceso." En las próximas décadas, se proyecta que las ciudades y las industrias reciclen entre 60 y 70% del agua que extraen. Los ingenieros calculan que el costo de tratar agua cruda del drenaje para obtener una calidad propia para beberse, es probablemente muy competitivo con el desarrollo de una nueva fuente de agua superficial.⁸⁸ En Israel, 30% del agua residual municipal ya se estaba reutilizando en 1981, la mayoría en riego. Con la terminación del Proyecto de Reúso de Agua Residual de la Region de Dan (Dan Region Wastewater Reuse Project) que sirve al área metropolitana de Tel Aviv, las proyecciones estiman que la propoción de reúso de aguas municipales aumentará 80% para finales de siglo.⁸⁹

-
- 86 M.A. Kahn et al., "Development of Supplies & Sanitation in Saudi Arabia".
- 87 Dennis J. Parker y Edmund C. Penning-Rowse, *Water Planning in Britain* (Londres: George Aallen & Unwin, 1980); Comité Preparatorio Sueco, *Water in Sweden*.
- 88 La cita y los cálculos del costo de tratamiento avanzado en Axel F. Zunckel y Marfa P. Oliveira, "South Africa Water Reuse Policy and its Practical Implications", en *Proceedings of the Water Reuse Symposium II*, Vol. 1 (Denver, Colo., AWWA Research Foundation, 1981); Proyecciones de reúso en Mike Nicol, "South Africa Will Require Wastewater Recycling Before Year 2000, Experts Say", *World Environment Report*, 27 de junio, 1984.
- 89 Hillel I. Shuval, "The Development of the Wastewater Reuse Program in Israel", en *Proceedings of the Water Reuse Symposium II*.

Prioridades para una nueva economía del agua

Mucho del desperdicio e ineficiencia en el uso actual del agua se debe a políticas que promueven una antigua ilusión de abundancia, además de que rara vez la gente paga su verdadero costo. Los economistas con frecuencia sugieren que se cobre el agua a su costo marginal -el correspondiente a suministrar el siguiente incremento de la mejor fuente disponible. De esa manera, a medida que el agua escasee los consumidores pagarán más y las fuerzas del mercado promoverán la conservación y la reasignación de abastecimientos de agua a los usos más valorados. En California, por ejemplo, el valor adicional de cada kilómetro cúbico de agua es 65 veces mayor en la industria que en la agricultura;⁹⁰ de esta forma al aumentar la competencia por el agua y elevar los precios se propicia un cambio en su uso de la agricultura a la industria. Sin embargo, una reasignación dictada por las leyes del mercado es parcialmente una decisión política ya que aunque desde un punto de vista económico la medida es eficiente, el carácter básico de la región y su comportamiento social se verán alterados.

En realidad rara vez se cobra el agua a su costo marginal, el precio tiene poca relación con la cantidad de agua servida y su verdadero costo. En el Reino Unido, a muchos propietarios de casas se les cobra el agua de acuerdo con el valor de su

90 Las cifras de valores agregados en Ambroggi, "Water".

propiedad, una práctica que data de los tiempos de la Reina Victoria. En Indonesia, Malasia, Arabia Saudita, Sudáfrica, Tanzania y la mayoría de los países de Europa del Este y muchos otros, el gobierno paga todo o la mayor parte de los costos de capital de los proyectos de grande irrigación.⁹¹ Los agricultores en los Estados Unidos que reciben riego de obras federales pagan un promedio que equivale a menos de la quinta parte del costo real del servicio.⁹² Los pagadores de impuestos llevan la carga del resto y los agricultores usan más agua de la que usarían si tuvieran que pagar su costo total.

Cuando los usuarios se abastecen a sí mismos en lugar de depender de una obra pública, generalmente sólo pagan el costo de llevar el agua a su rancho, fábrica o casa. Pero si sus extracciones disminuyen una fuente de agua o dañan un ecosistema deberían absorber el costo que sus acciones imponen a la sociedad. Los agricultores americanos que bombean agua del Ogallala por ejemplo, no pagan ninguna cantidad extra por el derecho de obtener sus ganancias agotando un recurso irremplazable, por el contrario, muchos obtienen una suspensión en el pago de sus impuestos al solicitar una rebaja por agotamiento de agua, con base en la caída del nivel del agua en sus tierras ese año; de tal forma que mientras mayor sea el agotamiento, mayor será la rebaja -como es obvio esta medida difícilmente promueve la conservación del agua.⁹³ Una política más adecuada sería gravar el bombeo de agua subterránea en todas las regiones en que los acuíferos se están agotando, de esa manera el público obtiene una compensación por la pérdida de sus recursos y los agricultores reducen sus extracciones. En la mayor parte del Tercer Mundo donde el costo por hectárea de construir nuevos sistemas de riego con frecuencia excede el producto nacional bruto per cápita no siempre es factible cobrar el agua a su costo real.

A menudo el agua se distribuye gratuitamente o está muy subsidiada porque es vital para la producción de alimentos. Sin embargo, la mayoría de los expertos concuerdan en que la ineficiente operación y el escaso mantenimiento de los

91 Costumbre de Gran Bretaña en Burchi, "Regulatory Approaches to the Use of Water for Domestic Purposes", subsidios en algunos países en J.A. Sagardoy et al., *Organization, Operation and Maintenance of Irrigation Schemes* (Rome: U.N. Food and Agriculture Organization, 1982).

92 U.S. Congressional Budget Office, *Efficient Investments in Water Resources* (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1983).

93 Knowles y Rayner, "Depletion Allowance: Pros and Cons"; Institute of Agriculture and Natural Resources, Cooperative Extension Service, "IRS Extends Ground Water Depletion Deduction to Nebraska Irrigators", Universidad de Nebraska, Lincoln, Neb., 18 de marzo, 1983.

sistemas de riego se debe en gran parte a que los agricultores no tienen ninguna responsabilidad hacia las obras. Agencias internacionales de préstamo están invirtiendo grandes sumas de dinero en rehabilitar sistemas de riego que una correcta operación y un adecuado mantenimiento hubieran podido conservar en buenas condiciones, por eso para involucrar a los agricultores en el sistema y generar ingresos que permitan mejorar su operación es necesario que paguen una parte de los costos del agua.⁹⁴

Un camino promisorio para mejorar el manejo del riego puede ser el cobro a los agricultores del Tercer Mundo de una parte de los costos del sistema y su organización en "asociaciones de usuarios" para coordinar las tareas de administración y la recolección de las cuotas; sobre este aspecto en Tailandia, el economista Ruangdej Srivardhana de la Universidad Kasetsart en Bangkok dice que para que los agricultores tailandeses mejoren sus prácticas de riego "es crucial el sentimiento de que las instalaciones les pertenecen y que son de utilidad para ellos".⁹⁵

El cobro de un precio módico por la distribución de una cantidad inicial y tarifas más altas por volúmenes adicionales alentaría a los agricultores a ahorrar el agua sin agobiarlos; es más, donde hay agua subterránea disponible pueden construir provechosamente pozos de riego con un mínimo apoyo público. En la India, más de 1.7 millones de pozos privados se instalaron a finales de los setenta con el apoyo de créditos a tasas de interés y términos de pago muy razonables. Para muchos agricultores en la planicie Indu-Ganges la instalación de estos pozos ha producido índices de retorno mayores al 50 por ciento.⁹⁶

Los usuarios del agua también deberán pagar por tratar el agua que contaminan. En muchas regiones principalmente del Tercer Mundo, no se puede esperar que los cuerpos de agua suministren una fuente de agua potable y de riego de alta calidad y al mismo tiempo diluyan las crecientes toneladas de desperdicios

-
- 94 La importancia de mejorar la operación y el mantenimiento, Guy Le Moigne, Consultor de Irrigación, Banco Mundial, comunicación personal del 20 de abril, 1984, y en Fitzgerald, comunicación personal.
- 95 Frances F. Korten, *Building National Capacity to Develop Water Users' Associations: Experience from the Philippines* (Washington, D.C.: The World Bank, 1982); cita en Ruangdej Srivardhana, "No Easy Management: Irrigation Development in the Chao Phya Basin, Thailand", *Natural Resources Forum*, abril, 1984
- 96 James A. Seagraves y K. Williams Easter, "Pricing irrigation Water in Developing countries", *Water Resources Bulletin*, agosto 1983; B.D. Dhawan, *Development of Tubewell Irrigation in India* (Nueva Delhi: Agricole Publishing Academy, 1983).

que se tiran en ellos cada año. En una sociedad que experimenta una rápida industrialización y urbanización la dilución sola simplemente no puede mantener una adecuada calidad del agua. Las industrias deben pagar el costo total del agua que usan en su producción, incluido el precio por descargar sus efluentes en forma apropiada para ser reutilizados. Resulta caro controlar la contaminación, actualmente los fondos para proteger la calidad del agua representan más de la mitad del presupuesto de los Estados Unidos destinado al desarrollo de recursos hidráulicos y suman 25 mil millones cada año.⁹⁷

Es probable que los países en vías de desarrollo no cuenten con los recursos financieros necesarios para subsidiar los costosos controles de la contaminación y al mismo tiempo continúen mejorando los sistemas de riego e instalando servicios de agua potable. La industrialización debe desarrollarse de acuerdo con la capacidad de las industrias para pagar por el control de la contaminación que generan, sacrificar la calidad del agua por el crecimiento industrial no significa victoria alguna a largo plazo.

Las leyes y los métodos existentes para la reasignación de agua son con frecuencia demasiado parciales hacia aquellos que desean extraer agua y en contra de quienes desean que permanezca en su lugar. La antigua ley inglesa protegía en forma inherente la ecología y el habitat de los arroyos al requerir que los ribereños, propietarios de la tierra, no disminuyeran la cantidad y calidad del agua remanente para los usuarios aguas abajo. Sin embargo, esta ley se cambió al principio de la experiencia americana para otorgar a los ribereños el derecho de "usar razonablemente" el agua, hecho que permitió la alteración del flujo de los arroyos.

En los estados más secos del oeste de EUA se adoptó un sistema de propiedad que favorece las extracciones, en él se establece que los derechos del agua se asignan sucesivamente a quienes le dan un "uso benéfico." Con ese sistema y esa clase de derechos, a menudo se requirió la desviación de los ríos. Como señala el experto legal James Huffman, esto no fue problema "hasta que la combinación de un cambio en los valores y la disminución en los abastecimientos de agua llevó el tema del mantenimiento del gasto de agua de los ríos, a la atención del público".⁹⁸

Existen varias opciones para los gobiernos que desean preservar el equilibrio

97 Peter Rogers, "Fresh Water", preparado para The Global Possible Conference, World Resources Institute, Wye, Md., 2 al 5 de mayo, 1984.

98 James Huffman, "Instream Water Use: Public and private Alternatives", en Terry L. Anderson, ed., *Water Rights: Scarce Resource Allocation, Bureaucracy and the Environment* (Cambridge, Mass.: Ballinger Publishing Company, 1983).

ecológico de sus ríos y arroyos. En Montana, Estados Unidos, se aprobó una ley en 1973 que permitía que agencias del gobierno adquirieran derechos anticipados sobre el agua. En ese entonces todavía no se apropiaba la mayoría del agua del estado, de manera que bajo esta legislación gran cantidad de ella se podía reservar para proteger la ecología. Gracias a estos derechos nunca se extraerá la mayor parte del agua del río Yellowstone. Sin embargo, muchos ríos y arroyos de los Estados Unidos ya están completamente apropiados durante la estiaje de cada año.

Preservar la calidad del agua, los peces y el hábitat de la vida acuática requiere alguna forma de reglamentación que limite las extracciones durante los periodos en que el flujo disminuye. Una de las herramientas disponibles más poderosa, aunque todavía muy poco usada, es la que los expertos legales llaman la doctrina de "custodia pública". Desde el tiempo de los romanos se afirma que los gobiernos mantienen ciertos derechos de custodia por el público y que pueden actuar para protegerlos de intereses individuales. Su aplicación tiene en potencia amplios efectos ya que aun los permisos o derechos de agua existentes se pueden revocar con el fin de prevenir la violación de la custodia pública.⁹⁹

En febrero de 1983, en una decisión histórica, la Suprema Corte de Los Angeles declaró que los derechos de agua de la ciudad de Los Angeles, que se alimenta de las desviaciones de la cuenca del lago Mono, estaban sujetos a la doctrina de custodia pública. El lago Mono, un hermoso cuerpo de agua al este de la Sierra, disminuyó 33% su área superficial debido a que parte del agua de sus principales tributarios se desviaba a Los Angeles. Por otra parte, la población de camarones del lago que a su vez alimenta millones de aves locales y migratorias se veía amenazada porque sus aguas se estaban volviendo más salinas. Ante esta situación la Corte de California invocó la doctrina de custodia pública y preparó el camino para que por medio de una agencia estatal o de las cortes se decidiera que Los Angeles redujera las desviaciones de agua de la cuenca del lago Mono. Harrison C. Dunning, profesor de leyes en California escribe: "Aunque durante años las consecuencias del fallo no sean evidentes, no hay duda de que presentará nuevos obstáculos para quienes deseen desviar el cauce natural de los ríos de California para uso agrícola y urbano... De ahora en adelante el Estado deberá proteger lo que la corte llama la herencia común del pueblo sobre los ríos, lagos, pantanos y

99 Ibid.: Metzger y Haverkamp, "Instream Flow Protection".

marismas".¹⁰⁰

En lugares donde la demanda ya llegó al límite de los recursos disponibles será necesario contar con reglamentos para mantener el uso del agua a un ritmo sostenible. En la mayoría de los casos las estrategias dirigidas a equilibrar el balance de agua necesitan experimentar el descenso de sus mantos freáticos y la reducción de sus abastecimientos superficiales.

A pesar de las súplicas de los hidrólogos ningún estado de la India ha formulado leyes para reglamentar la instalación de pozos o limitar las extracciones de agua subterránea. Al sur, en el estado de Tamil Nadú, las autoridades hacen muy poco por frenar el bombeo excesivo que en algunas regiones ha provocado en sólo diez años una disminución de 30 metros en el nivel del agua subterránea. Los hidrólogos señalan que "aunque probablemente los efectos a largo plazo estén claros, hasta que el agua desaparezca es difícil que alguien haga algo acerca de esta situación".¹⁰¹

Un ejemplo digno de imitarse y que surgió en los Estados Unidos en 1980 es el Acta de Administración del Agua Subterránea de Arizona. Enfrentado a un recurso que se estaba acabando rápidamente, el Estado solicitó a sus áreas más sobreexplotadas que alcanzaran un rendimiento seguro para el año 2025. O sea, que no se extraiga más agua de la que se recarga para lograr el equilibrio del recurso. Alcanzar esta meta no es de ninguna manera fácil, se necesitarán medidas de conservación por parte de todos los usuarios y se gravarán todas las extracciones subterráneas; no se desarrollará ningún terreno subdividido a menos que cuente con un abastecimiento seguro de agua. Si para el año 2006 estas medidas no son suficientes para alcanzar la meta propuesta por el Estado, el gobierno empezará a comprar y a retirar tierras de cultivo. Ya comenzaron los cambios en la economía de Arizona, entre 1978 y 1982 el área irrigada disminuyó 8%. Otras regiones con escasez de agua deben reconocer que estas modificaciones tendrán que ocurrir y

100 Para una excelente revisión sobre esta decisión, véase Ellen Sullivan Casey, "Water Law-Public Trust Doctrine", *Natural Resources Journal*, julio, 1984; Harrison C. Dunning, "A New Front in the Water Wars: Introducing the 'Public Trust' Factor", *California Journal*, mayo, 1983.

101 Dhawan, *Development of Tubewell Irrigation in India*; observación de Tamil Nadú en Widstrand, *Water Conflicts and Research Priorities*.

que serán menos traumáticas si, como está haciendo Arizona, se planifican inteligentemente. Muchos gobiernos estarán pendientes del inicio de la verdadera prueba de la ley de Arizona en los noventa.¹⁰²

Por último, los planificadores y educadores deben desvanecer el mito de que las medidas de conservación son exclusivamente estrategias de corto plazo para aliviar situaciones de sequía y otras crisis temporales. Sólo en países muy áridos como Sudáfrica e Israel las medidas de conservación forman parte integral de la planeación a futuro de los recursos hidráulicos. En esos países en donde ya se aprovecha la mayoría de los recursos disponibles es imperativo luchar constantemente por aumentar la eficiencia en el uso del agua, si se desea continuar creciendo. Pero aun en naciones con ríos y acuíferos sin aprovechar, las medidas de conservación, recirculación y reúso del agua pueden lograr que en muchos casos el recurso se obtenga a menores costos y con menos perturbaciones del ambiente que desarrollando nuevos abastecimientos. Nunca se apreciará el potencial de las medidas de conservación hasta que se analice como una opción de largo plazo comparable a perforar un nuevo pozo o a construir una nueva presa.

En los Estados Unidos, a finales de los setenta se dieron pasos en esta dirección cuando en junio de 1978, el Presidente Carter dio un mensaje a la nación sobre política de agua en el que resolvió hacer de la conservación una prioridad nacional. Agencias gubernamentales empezaron a hacer concesiones federales y préstamos para obras hidráulicas condicionadas a la inclusión de medidas de conservación que fueran efectivas y costeables. Numerosos análisis sugirieron que de las medidas para reducir la demanda de agua resultarían ahorros sustanciales tanto para el gobierno como para la comunidad y sus residentes.¹⁰³ Desafortunadamente, la administración del presidente Reagan retrocedió varios pasos cuando cambió los requisitos de conservación por pautas voluntarias y dispersó el Consejo

102 Arizona Groundwater Management Study Commission Staff, "Summary: Arizona Groundwater Management Act", informe presentado a Arizona Groundwater Management Study Commission y a Arizona State Legislature, 5 de junio, 1980; Scott Hanson y Floyd Marsh, "Arizona Ground-Water Reform: innovations in State Water Policy", *Ground Water*, enero/febrero, 1982; Disminución de la superficie de riego en U.S. Department of Agriculture, *Agricultural Statistics 1983*, y U.S. Department of Commerce, "Census of Agriculture".

103 Environmental Protection Agency, *Flow Reduction* y el Institute for Water Resources, *The Role of Water Conservation in Water Supply Planning* (Fort Belvoir, Va.: U.S. Army Corps of Engineers, 1970).

de Recursos Hidráulicos que había estado luchando por una política de agua más eficiente económicamente y más sana desde el punto de vista ambiental.

Ahí donde el gobierno federal retrocedió California tomó el liderazgo con una ley que en 1983 exigió a todos los que suministran agua a los centros urbanos del estado que a finales de 1985 sometieran un plan de administración que evaluara explícitamente medidas de eficiencia como una alternativa para desarrollar nuevos abastecimientos.¹⁰⁴

La mayoría de los gobiernos siguen esperando que las obras tradicionales como la construcción de presas y la desviación de ríos los salven de las presiones regionales que origina la falta de agua. Sin embargo, la complejidad de la ingeniería para este tipo de obras así como las perturbaciones ecológicas que ocasionan, los precios multibillonarios en dólares y 20 años de liderazgo, dejan poca esperanza para creer que entregarán agua a tiempo para evitar la escasez prevista, si es que de hecho se llegan a terminar.

En el Tercer Mundo, a menos que se frene la tala de bosques y la erosión y se mejore la operación y mantenimiento de los sistemas de riego, los grandes proyectos acabarán por desperdiciar el escaso capital y disminuir la productividad de las tierras de cultivo. Es más, ningún proyecto por grandioso que sea será la solución de los problemas regionales de agua. Por ejemplo, la desviación de los ríos de Siberia que se planea realizar en la Unión Soviética sólo podrá responder al 25% del déficit que se espera en Asia Central. En el caso del Proyecto Central de Arizona, el agua que se suministre sólo constituirá la mitad del volumen del agua subterránea que se agota cada año en el estado, de manera que este proyecto no logrará por sí solo equilibrar el balance de agua. Contra una demanda insaciable lo más que puede hacer una presa o la desviación de un cauce es disminuir el agotamiento de los abastecimientos o retrasar el día en que éstos se extingan.

En una era de creciente competencia por los limitados recursos hídricos, de intensa preocupación ambiental y de capital escaso y costoso, se necesitan nuevas estrategias para el manejo del agua. Es muy arriesgado continuar aferrados a la construcción de grandes obras hidráulicas sin tomar medidas hacia una economía de uso eficiente del agua, pues puede suceder que los vitales incrementos en la producción de alimentos nunca se materialicen, que la actividad industrial se

104 Cambios de política en la administración de Reagan en "Water Resources", The Conservation Foundation, *State of the Environment: An Assessment at Mid-Decade* (Washington, D.C.: 1984), y en Yeaman, comunicación personal; ley de California en Reprint of Assembly Bill No. 797, *Legislative Council's Digest*, Asamblea de California, octubre, 1983.

estanque y que el racionamiento en el suministro del agua potable se generalice.

Es necesario que ocurran crisis de agua para que se consideren otras alternativas además de los proyectos de grandes obras y de desviaciones. En el Tercer Mundo pueden y deben continuar las acciones para asegurarse otros abastecimientos, pero puede resultar mejor hacerlo con obras pequeñas más flexibles a la administración coordinada de la tierra y del agua, con desarrollo creciente de agua subterránea y especialmente con la administración conjunta de recursos subterráneos y superficiales. En áreas de países industrializados con escasez de agua la población y la actividad económica deben adaptarse a una disponibilidad limitada del líquido. Los abastecimientos en el Asia Central Soviética simplemente no pueden soportar por mucho tiempo el desarrollo de una población en auge y de una prospera economía agrícola. Los oasis como Fénix y Los Angeles tampoco pueden seguir creciendo a costa de continuar drenando el agua de otras regiones. Medidas de conservación y una mejor administración pueden liberar grandes volúmenes de agua -y de capital- para otros usos. Hasta ahora sólo hemos visto muestras de este potencial.

Administración del agua en época de escasez, se terminó de imprimir en el mes de julio de 1991 en Talleres Gráficos de la Nación, Av. Canal del Norte 80, México, D.F. La edición consta de 1,000 ejemplares y su cuidado estuvo a cargo de la Subdirección Editorial del IMTA.