LA ESCASEZ MUNDIAL DE AGUA Y EL RETO QUE AFRONTA MÉXICO

Randolph Barker,[1] *Christopher A. Scott,*[2] *Charlotte de Fraiture,*[2] *Upali Amarasinghe*[2]

Resumen

Hasta hace poco, la mayoría de las personas pensaban que siempre tendríamos agua suficiente para producir alimentos, para beber y para sostener la industria. Sin embargo, a medida que nos adentramos en el nuevo milenio, muchos países están ingresando en una era de severa escasez de agua. La escasez de agua podría tener un impacto profundo en las personas más pobres del mundo y llevar a conflictos mundiales.

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI por su sigla en inglés) ha puesto en marcha un programa a largo plazo para mejorar nuestros conocimientos de los problemas vinculados con el agua y orientar el desarrollo del riego y actividades similares relacionadas a la seguridad alimentaria a medida que avanzamos en el nuevo siglo. Este trabajo es una síntesis de la investigación realizada por el IWMI en los últimos cuatro años para obtener un mejor conocimiento de la magnitud del problema del agua y las opciones abiertas para los países al afrontar la escasez de agua. Se hace hincapié en el riego, que representa dos tercios del agua dulce consumida a nivel mundial, más del 80% en los países en desarrollo y el 83% en México. Este trabajo se basa mucho en dos documentos claves: *World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues* [*La demanda y la disponibilidad mundiales del agua, 1990 a 2025: Escenarios y problemas*] (Seckler *et al.*, 1998) y *World Water Supply and Demand: 1995 to 2025* [*La disponibilidad y la demanda mundiales del agua, 1995 a 2025*] (preparado como parte del informe Visión Mundial del Agua para la Alimentación y el Desarrollo Rural, presentado en el Foro Mundial del Agua celebrado en La Haya en marzo del 2000). Mediante el análisis a nivel mundial, se exploran con más detalles las restricciones y oportunidades identificadas en el caso de México, ya que este país afronta el mismo grado y variación regional de escasez del agua que muchos otros países, incluyendo a China y la India.

El trabajo comienza con una discusión del desarrollo de la agricultura de riego y el aumento de la productividad del agua en los últimos 30 años, la era llamada de la *revolución verde* en la agricultura. Sigue luego una proyección de la disponibilidad y la demanda mundiales del agua en los próximos 30 años—1995 a 2025—que incluye estimaciones de la disponibilidad y la demanda en México.

---

[1] Asesor Principal del Director General, Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI), Colombo, Sri Lanka (r.barker@cgiar.org).

[2] Investigadores, IWMI (c.scott@cgiar.org, c.fraiture@cgiar.org, u.amarasinghe@cgiar.org).

En las dos secciones siguientes del trabajo se analizan las opciones para afrontar la escasez de agua: desarrollar recursos hídricos adicionales, mejorar el manejo de los recursos hídricos ya desarrollados o aumentar las importaciones de alimentos. Se hace referencia a una serie de estudios del IWMI en México y en otros países, diseñados para identificar el efecto potencial de prácticas mejoradas de manejo del agua. El trabajo concluye con un examen de las restricciones a corto plazo y las perspectivas a largo plazo para abordar la escasez de agua o lo que algunos han llamado la "crisis del agua".

El Crecimiento del Riego y la Productividad del Agua en los Últimos Tres Decenios

En los últimos 30 años, se han logrado aumentos de la producción de alimentos en gran parte mediante la expansión de la superficie regada y el incremento de los rendimientos de los cultivos. Se desarrollaron variedades nuevas de los cultivos, con un período menor de crecimiento y mayor respuesta del rendimiento a los fertilizantes, que tienen un buen comportamiento en las condiciones de riego. Se obtuvieron rendimientos más altos por hectárea y por unidad de agua consumida. La expansión de las presas y el riego con pozos profundos aumentaron la superficie regada en más del 70% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie regada en el mundo, 1965 y 1995

	Tierra cultivable (miles de ha)		Superficie regada (miles de ha)		Crecimiento superficie regada, 1965-1995 como % de superficie en 1965	Superficie regada como % de la	
	1965	1995	1965	1995		Tierra cultivable, 1995	Superficie regada en el mundo, 1995
Mundo	1,277,457	1,376,872	149,923	260,576	74	19	100
Asia	461,263	499,787	102,695	180,658	76	36	69
América del Norte y Central	250,339	261,338	19,474	30,219	55	12	12
Europa	319,939	297,055	13,768	24,944	81	8	10
África	143,927	173,539	7,722	12,242	59	7	5
América del Sur	40,020	50,950	4,911	9,696	97	19	4
Oceanía	61,968	94,202	1,329	2,751	107	3	1
Mexico	22,100	25,200	3,200	6,100	91	24	2

Fuente: Base de datos FAOSTAT.

Gran parte de esta expansión se produjo en la temporada de alta energía solar (la temporada seca), con una gran respuesta del rendimiento de los cultivos a los fertilizantes. La mayor producción de granos alimentarios resultante de esta relación complementaria entre el mejoramiento de las variedades, el aumento del empleo de fertilizantes y la expansión del riego ha sido llamadas la *revolución verde*. Los precios de los granos alimentarios cayeron un 50% de su nivel en los años 60 y 70 y han permanecido bajos y estables durante los últimos 15 años (Figura 1).

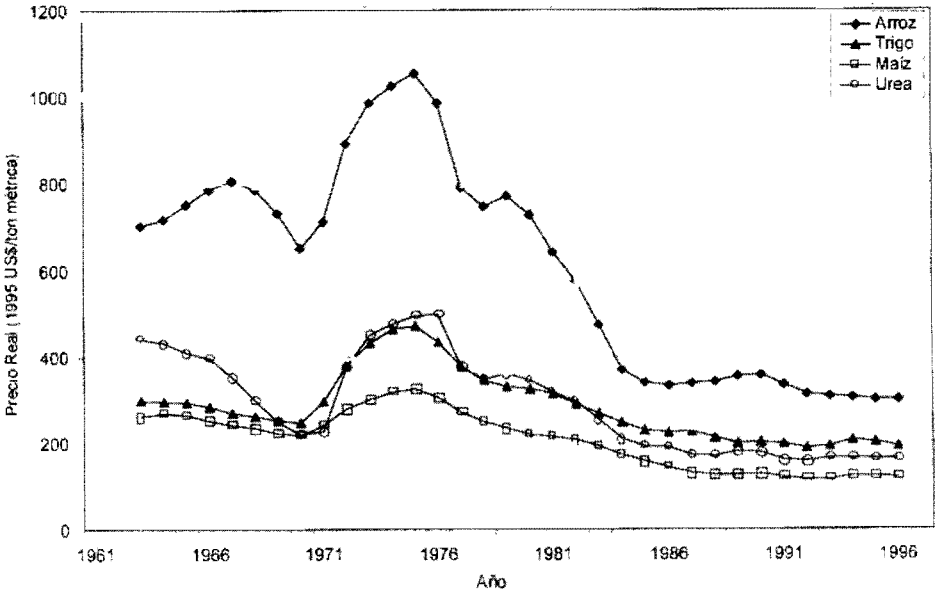


Figura 1. Precios mundiales reales del arroz, el trigo, el maíz y la urea

La expansión del riego se logró inicialmente mediante la construcción de presas y embalses. De las más de las 40,000 presas grandes,[3] todas excepto 5,000 han sido construidas desde 1950 (McCully 1996). En México, la era de la construcción de presas grandes (desde los años 30 hasta fines de los 60) coincidió con una creciente participación del gobierno federal en la irrigación, que había sido anteriormente desarrollada a nivel local y con recursos locales.

[3] La Comisión Internacional sobre Presas Grandes define a una "presa grande" como aquella que mide 15 metros o más desde los cimientos hasta la corona.

No obstante, con el tiempo ha aumentado en todo el mundo la importancia de la superficie regada con agua subterránea. Los costos de extracción cada vez menores a causa de los avances en la tecnología y, en muchos casos, los subsidios gubernamentales para energía e instalación de bombas han estimulado la inversión privada en los pozos profundos. Por ejemplo, en la India y China, que abarcan el 40% de la irrigación del mundo, la superficie regada con agua subterránea aumentó de alrededor del 25% en los años 60 a bastante más del 50% en los 90. Esto ha llevado a la sobreexplotación de los recursos de agua subterránea en las regiones semiáridas, donde se han estado abatiendo los niveles hidrostáticos según una tasa alarmante, a menudo de 1 a 3 metros al año. Estas regiones incluyen algunos de los principales graneros del mundo como el Punjab y la llanura del norte de China. México ha seguido un patrón similar de rápido incremento de la extracción de agua subterránea, tanto para la agricultura como para el creciente sector urbano. De un total de 600 mantos acuíferos identificados en todo el país, la cantidad donde hay una sobreexplotación se elevó en forma espectacular desde 35 (6%) en 1975 a 100 (17%) en 1999 (Banco Mundial y CNA, 1999), con descensos de los niveles hidrostáticos de 2 a 5 metros al año.

La atención del mundo se ha concentrado en la degradación y la alteración del medio ambiente asociadas con las presas grandes. Entre tanto, escondida de la vista y bajo nuestros pies, una explosión del empleo de bombas en todo el mundo para el riego, usos domésticos e industriales, está degradando nuestros recursos hídricos. En ciertas zonas se ha llegado al punto de que la sobreexplotación del agua subterránea representa una importante amenaza para el medio ambiente, la salud y la seguridad alimentaria. Se estima que la sobreexplotación anual es de 200 mil millones de metros cúbicos o aproximadamente el 7% de las desviaciones primarias anuales del agua para el riego en todo el mundo (Postel 1999).

Proyecciones de la Disponibilidad y la Demanda del Agua: 1995 a 2025

En los últimos cuatro años, el IWMI ha estado elaborando escenarios de la disponibilidad y la demanda del agua para el 2025. Desde el primer informe sobre este tema (Seckler *et al.* 1998), los análisis y los datos han sido perfeccionados gracias al desarrollo de PODIUM, sigla en inglés del Modelo para el Diálogo Interactivo de Políticas. Hasta donde sabemos, PODIUM es el primer modelo que intenta proyectar la disponibilidad y la demanda futuras de alimentos incorporando la disponibilidad y la demanda del agua como una restricción específica.

El modelo PODIUM está diseñado para investigar los aspectos técnicos, sociales y económicos de escenarios alternativos que proyectan la disponibilidad y la demanda de alimentos y del agua en el 2025. Un objetivo importante es ayudar a los gobiernos nacionales a evaluar diversas opciones para el desarrollo y el manejo de los recursos hídricos cuando hacen planes para el futuro.

La Figura 2 muestra una síntesis mundial de los resultados de un *escenario base* en 125 países que representarán el 96% de la población mundial en el 2025. Para el mismo *escenario base*, el Cuadro 2 presenta una evaluación más detallada de la disponibilidad y la demanda del agua en 45 países que tendrán el 83% de la población mundial en el 2025. Se incluyen proyecciones por separado para China, la India y México. El *escenario base* refleja una evaluación bastante optimista de la capacidad de los países de lograr una mayor productividad en la producción de alimentos desarrollando los recursos hídricos.

Es arriesgado hacer proyecciones, en particular cuando los datos sobre los cuales se basan las proyecciones tienen una validez muy cuestionable, como sin duda sucede en el caso de la disponibilidad y la demanda del agua. Por ejemplo, no hemos podido obtener estimaciones de la demanda ambiental del agua. A pesar de esto, las proyecciones ayudan a llamar la atención acerca de problemas que, si no son abordados, pueden tener (y de hecho ya tienen en algunos sitios) serias consecuencias sociales. Por ejemplo, las proyecciones acerca del déficit de alimentos y los crecientes precios de éstos efectuadas en los estudios de los años 60 nunca se concretaron porque se hicieron las inversiones apropiadas y se tomaron medidas para prevenirlo. Los ejercicios de proyección también han llamado la atención acerca de la debilidad de los datos mundiales y la necesidad de contar con datos más confiables a nivel nacional.

Como se muestra en la Figura 2, los 125 países han sido agrupados en tres categorías básicas de escasez del agua.

- **Grupo I** (rojo): reúne a los países que afrontarán *escasez física del agua* en el 2025. Esto significa que, aun con la más alta eficiencia factible en la utilización del agua, estos países *no tienen suficientes recursos hídricos* para satisfacer sus necesidades agrícolas, domésticas, industriales y ambientales en el 2025. De hecho, muchos de ellos ni siquiera pueden satisfacer sus necesidades actuales. Las únicas opciones que tienen esos países son invertir en costosas plantas de desalinización y/o reducir la cantidad de agua usada en la agricultura, transferirla a otros sectores e importar más alimentos.

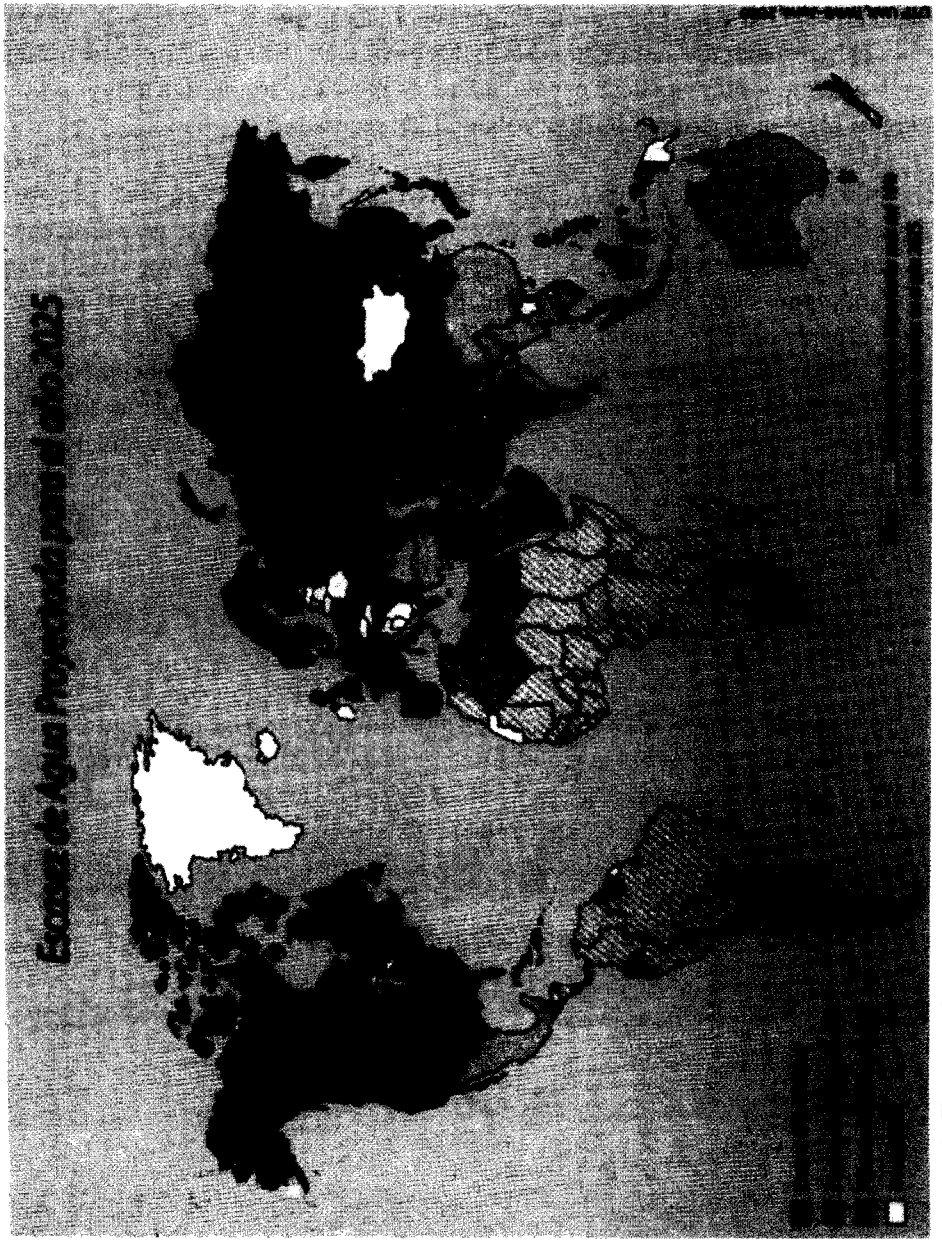


Figura 2. Escasez de agua proyectada para el año 2025.

- **Grupo II** (naranja): incluye a los países que afrontarán *escasez económica del agua* en el 2025. Estos países tienen suficientes recursos hídricos para satisfacer sus necesidades en el 2025, pero tendrán que aumentar la disponibilidad de agua mediante sistemas adicionales de almacenamiento, conducción y regulación, en un 25% más de los niveles de 1995 para satisfacer sus necesidades en el 2025. Muchos de estos países afrontan graves problemas de *capacidad financiera y de desarrollo* para satisfacer sus necesidades de agua.

- **Grupo III** (azul): está constituido por los países que no tienen escasez física de agua y que tendrán que desarrollar menos del 25% más su disponibilidad del agua para satisfacer sus necesidades en el 2025. En la mayoría de los casos, esto no representará un problema sustancial para ellos. De hecho, varios países de este grupo podrían en realidad disminuir su disponibilidad del agua para el 2025 con respecto a los niveles de 1995 a causa de una mayor productividad del agua.

- **Los países sombreados** en el mapa: son países que, según las proyecciones, indican que importarán más del 10% de su consumo total de cereales en el 2025.

Según las proyecciones, 2.7 mil millones de personas, incluyendo un tercio de las poblaciones de la India y China, vivirán en regiones que sufrirán severa escasez de agua en el primer cuarto del siglo XXI. La escasez de agua podría llevar a conflictos en el Medio Oriente y el norte de África, pero es probable que repercuta más en los sectores más pobres de la población del sur de Asia y de África al sur del Sahara, donde ya es alta la incidencia de la pobreza. Sin embargo, la escasez de agua será un fenómeno generalizado, que se extenderá más allá de las regiones semiáridas (en rojo) y afectará incluso a poblaciones en zonas donde abunda el agua. La expansión de la demanda de agua está agotando y dejando secos durante la mayor parte del año a algunos de los ríos más importantes del mundo, que incluirán, según las proyecciones, al río Amarillo en China, los ríos Cauvery y Ponnaiar en el sur de la India, los ríos Colorado y Bravo en el sudoeste de los Estados Unidos de América y el norte de México, y el río Lerma en México.

En el cuadro 2 se presentan el crecimiento demográfico y el aumento de la demanda doméstica e industrial del agua en 45 países. A pesar de las supuestas mejoras en el manejo y los considerables incrementos de la productividad de los recursos hídricos desarrollados mediante el mejor manejo del agua, se estima que se requerirá un aumento del 17% de esos recursos para satisfacer la demanda de alimentos, y un 22% de aumento para satisfacer las demandas de la economía en su totalidad. En los países del Grupo I (rojo), se carece casi por completo de posibilidades de un mayor desarrollo, y en los países del Grupo III (azul) casi no es necesario ese desarrollo. Se proyecta que la mayor parte del desarrollo de zonas nuevas regadas se producirá en los países del Grupo II (naranja) y en China y la India. Los países del Grupo I importarán la mayor parte de los cereales que necesitarán en el futuro.

Muchos de los países mostrados en color naranja y algunos de los presentados en color azul también importarán más del 10% de los cereales necesarios.

Cuadro 2. Disponibilidad y demanda del agua: estimaciones en 1995 con proyecciones para el 2025

País	No. en el Grupo	Población		Uso doméstico e industrial	Disponibilidad primaria para el riego	Uso doméstico e industrial	
						Disponibilidad primaria de agua en el 2025	
		1995	2025, promedio de aumentos medios y bajos calculados por la ONU, con respecto a 1995 (%)	% aumento total en 2025, con respecto a 1995	% aumento total en 2025, con respecto a 1995	% de aumento desde 1995	% de UWR
Todos los países	45	4,716	28	67	17	22	22
Grupo I	11	399	65	109	3	7	104
Grupo II	14	934	46	146	50	64	12
Grupo III	18	1,229	8	11	2	7	13
China	1	1,221	18	303	25	25	62
India	1	934	36	376	18	40	62
México	1	91	84	132	22*	45*	43

Grupo I Países con escasez física de agua
Grupo II Países con escasez económica de agua
Grupo III Países sin escasez de agua
UWR Recursos Hídricos Utilizables (por su sigla en inglés, Utilizable Water Resources)

* Las proyecciones para México de los aumentos porcentuales en la disponibilidad primaria para riego y la disponibilidad primaria del agua son de 1990, no de 1995, como en los otros países o grupos.

A nivel del país, México está dotado de suficientes recursos hídricos para cubrir sus necesidades actuales y futuras. Según el *escenario base* del IWMI para el año 2025, las desviaciones primarias para la agricultura, la industria y las necesidades domésticas llegarán a 104 km^3; eso es menos de la mitad de los recursos hídricos del país en potencia utilizables. No obstante, el promedio en el país oculta considerables diferencias entre los estados. La distribución espacial de las precipitaciones y los recursos hídricos en México es extremadamente desigual. El 50% del escurrimiento en el país se produce en el 20% del territorio, en el sureste. El norte del país representa el 30% del territorio, pero sólo recibe el 4% del escurrimiento.

La población y las actividades económicas—y las consiguientes demandas de agua—se concentran en las partes secas. Las zonas áridas y semiáridas alojan al 76% de la población, el 90% de la superficie regada y el 70% de las industrias, pero sólo reciben el 20% de la precipitación (SEMARNAP, 1996). Los problemas vinculados con la sobreexplotación del agua subterránea, como el abatimiento de los mantos freáticos, la contaminación y la intrusión de sales, ocurren básicamente en el norte, el nororeste y el Valle de México.

La Figura 3 presenta un análisis a nivel estatal de la escasez de agua en México prevista para el 2025. Los estados del Grupo I (rojo), que afrontarán escasez física de agua, están concentrados en el norte y el centro del país e incluyen al 54% de la población futura. Éstos son también los estados donde está situada la agricultura de riego intensivo (Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Coahuila y Taumalipas). Los estados del Grupo II (naranja) están situados en el sureste (con la excepción de San Luis Potosí, que parece tener relativamente más agua gracias a la región de la Huasteca). Se dispone de agua suficiente en Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; sin embargo, la tasa en que será preciso aumentar el desarrollo de recursos hídricos para satisfacer las demandas futuras los coloca entre los estados con escasez económica.

Por último, las proyecciones indican que los estados del Grupo III (azul) afrontarán poca o ninguna escasez de agua en el 2025 por varias razones, pruncipalmente porque hay relativamente poco desarrollo de la irrigación que impulse la demanda. No obstante, hay que observar que la escasa disponibilidad de recursos hídricos en estados como Durango y Zacatecas puede haber impedido el desarrollo de la irrigación en primer término. Los estados restantes de este grupo aparentemente tendrán poca o ninguna escasez según las proyecciones, en parte por la geografía de México: los ríos que fluyen desde la meseta central y recogen escurrimiento adicional en su camino hacia el océano Pacífico o el Golfo de México no son idóneos para el desarrollo de la irrigación porque las llanuras costeras son relativamente estrechas.

Escasez de Agua Proyectada para 2025

Principales Vías para Incrementar la Utilización y la Productividad del Agua de Riego

Hay tres vías para generar una mayor producción agrícola por unidad de agua utilizable en el país o a nivel estatal:

- Desarrollar y consumir más de los recursos hídricos utilizables del mundo o del país: expandir la superficie regada mediante el desarrollo de la infraestructura de riego y las instalaciones de almacenamiento.

- Consumir más de los recursos hídricos desarrollados para propósitos benéficos: mediante el reciclaje u otros cambios en el manejo del agua a nivel de la cuenca o el sistema.

- Producir más por unidad de recursos hídricos desarrollados consumidos: mediante el mejoramiento de las variedades de los cultivos, mejores prácticas agronómicas y/o mejor manejo del agua.

La creciente escasez del agua y la competencia por ella cambiarán en forma espectacular la forma en que valoramos y utilizamos el agua y la forma en que movilizamos y manejamos los recursos hídricos. Cada país o estado tendrá que evaluar su propia situación según su conjunto particular de recursos y la demanda interna de alimentos. ¿Debe ser expandida la superficie regada y, si es así, cómo? ¿En qué medida podemos mejorar la productividad de los recursos hídricos ya desarrollados? ¿Hasta qué punto debemos basarnos en las importaciones de alimentos? Estas son las preguntas que deben formularse los encargados de elaborar las políticas nacionales cuando preparan planes para el futuro.. El modelo PODIUM permite a los encargados de formular las políticas y los planificadores de cada país pasar escenarios basados en distintos supuestos acerca de la demanda y la disponibilidad de alimentos y la disponibilidad de agua para la agricultura de riego. Pueden entonces estimar el potencial para incrementar la utilización y la productividad del agua de riego y calcular el porcentaje de la demanda de granos que puede ser satisfecho con recursos internos.

Los estudios del IWMI diseñados para identificar las posibilidades de ahorrar agua y aumentar la productividad de ésta normalmente comienzan con el balance o la contabilidad del agua. Es decir, se efectúa una evaluación en las cuencas, los sistemas y las parcelas de los caudales del agua, la utilización de ésta para diversos propósitos y la porción del agua no utilizada. También se requiere un análisis del balance del agua *a posteriori* para establecer si intervenciones alternativas han dado como resultado un aumento del agua para propósitos consuntivos benéficos y un incremento de la productividad del agua. Dicho esto, hay que subrayar que son muy pocos los estudios del balance del agua efectuados. Por ejemplo, al IWMI recientemente se le pidió que revisara un Informe de Cumplimiento de Proyectos de una serie de inversiones del banco Mundial en uno de los países del mundo con más irrigación (Perry 1999). Esas inversiones en gran medida tenían el propósito de mejorar la "eficiencia" de los sistemas de riego mediante el revestimiento de los canales, mejores estructuras de control del agua, un mejor manejo del agua, etc. El costo de las inversiones totalizó unos 500 millones de dólares estadounidenses y ninguno de los documentos asociados incluía ningún tipo de balance del agua. En consecuencia, no sabemos cuánta agua realmente se ahorró con

esas inversiones, si es que hubo algún ahorro. El revestimiento de los canales reduce las pérdidas en la conducción, pero a menudo provoca una reducción de la recarga del agua subterránea, con lo cual "roba a Pedro para pagar a Pablo".

En el Cuadro 3, se muestra un ejemplo de evaluación del balance del agua en tres sistemas muy diferentes: el Bhakra, en el noroeste de la India, el Kirindi Oya, en el sur de Sri Lanka, y el Lerma-Chapala, en México. En el sistema Bhakra, el 75% del agua que ingresa es consumida por el cultivo. En contraste, en el sistema Lerma-Chapala el cultivo consume el 26% y en el Kirindi Oya sólo el 20% del agua, y son considerablemente más altos los porcentajes consumidos por árboles, bosques y jardines. En los dos sistemas asiáticos, hay salidas del agua hacia el mar que, con un manejo adecuado del agua, podrían ser captadas para aumentar la producción de cultivos. El Bhakra es un sistema típico de muchas regiones semiáridas, mientras que el Kirindi Oya es típico de muchos sistemas de riego en las zonas asiáticas de monzones. En particular en las regiones de monzones, el diseño de los sistemas de riego no tiene en cuenta la demanda muy considerable y el uso benéfico del agua para propósitos distintos de la producción de cultivos, incluyendo las demandas ambientales. El resultado, como en el caso del Kirindi Oya, puede ser una sobrestimación de la superficie que se puede regar. Los datos concernientes al sistema Lerma-Chapala son particularmente significativos porque revelan un exceso de compromiso del agua disponible del 7.4%, que afecta a los mantos acuíferos de la cuenca. Esto nos hace volver a la anterior observación de que la sobreexplotación de agua subterránea puede ocultar la urgencia de la escasez de agua.

En el resto de esta sección examinamos las tres opciones enunciadas antes, proporcionando ejemplos provenientes de la propia investigación del IWMI sobre el potencial de un mejor manejo de los recursos hídricos y una mayor productividad por unidad de agua consumida.

Cuadro 3. Componentes de la contabilidad del agua en las tres zonas estudiadas

	Bhakr (India) 1995/96	Kirindi Oya (Sri Lanka) 1996	Lerma-Chapala (México) Promedio 1950-79
Entrada neta de agua (millones de metros cúbicos)	17,684	475	35,470
Consumida por los cultivos (%)	75.3	20.0	26.4
Consumida por los bosques, los árboles y los jardines (%)	0	38.7	75.3
Evaporada en los reservorios de agua y terrenos baldíos (%)	2.1	11.1	4.2
Salida de agua comprometida para el medio ambiente/usuarios aguas abajo (%)	12.3	10.0	1.5
Salida de agua no comprometida (%)	10.3	20.2	0
Cambio en almacenamiento (%)	0	0	- 7.4

Fuente: Moden et al. (de pr{oxima publicación) y Consejo Consultivo (1991).

La Expansión de la Superficie Regada

El *escenario base* (Cuadro 2) indica que, aun con aumentos considerables de la eficiencia en la utilización del agua, todavía será necesario construir una cantidad sustancial de nuevas instalaciones de almacenamiento, ya sean presas grandes y embalses, presas pequeñas o almacenamiento subterráneo. Keller, Sakthivadivel y Seckler (de próxima publicación en el 2000) señalan los pros y los contras de diversas estrategias de almacenamiento: almacenamiento subterráneo, pequeñas presas de agua superficial, grandes presas. Sin embargo, sigue siendo limitado el potencial de expansión debido a una serie de razones. En primer lugar, muchos ríos, como el Amarillo en China, el Colorado en los Estados Unidos de América, el Cauvery en la India, el Bravo y el Lerma en México, son cerrados. Es decir, los recursos de agua en esos ríos han sido explotados por completo y muy poca agua se vierte en el mar u otros sumideros. El uso adicional de agua por una de las partes significa la reducción del uso por otra parte. En segundo lugar, ha estado aumentando el costo del desarrollo de los sistemas de riego y ha disminuido el precio de los granos alimentarios, lo cual da como resultado relaciones desfavorables entre los costos y los beneficios de la inversión en la infraestructura de riego. Finalmente, la preocupación por los problemas ambientales ha desalentado la inversión en la irrigación, en particular entre los bancos internacionales de desarrollo. Biswas (1999) indica que el Sardar Sadovar (Presa Narmada) en la India se convirtió en el "Viet Nam" del Banco Mundial, en cuanto al apoyo a los proyectos vinculados con el agua en los años 90.

En el desarrollo de los recursos hídricos, la relación complementaria entre los sistemas de agua superficial y de agua subterránea a menudo no se conoce bien. Con la caída de los niveles hidrostáticos, la recarga del agua subterránea se ha convertido en un problema importante. Chambers (1988), al escribir sobre el riego mediante canales en la India, señala que un efecto benéfico importante, tal vez el principal, del riego mediante canales es distribuir el agua por el área de control permitiendo que se filtre y, de ese modo, proporcionando agua para el riego con agua subterránea. Los arrozales y las presas pequeñas pueden servir como "tanques de infiltración" para la recarga subterránea. Los estudios del IWMI en México (Scott y Garcés-Restrepo, de próxima publicación) han demostrado con claridad el vínculo entre los canales "con fugas" y el riego "ineficiente" con agua superficial por una parte, y, por otra, la recarga de los mantos acuíferos.

El Mejoramiento del Manejo del Agua a Nivel del Sistema y de la Cuenca

Una idea frecuente es que el riego desperdicia enormes cantidades de agua. Si sólo pudiéramos ser más *eficientes* en el manejo del agua de riego, habría agua suficiente para el riego y para otros usos. Creemos que existen posibilidades de ahorrar el agua y aumentar la productividad de ésta mediante un mejor manejo. Sin embargo, la medición clásica de la *eficiencia del riego* es un indicador engañoso del desempeño de los sistemas.

Normalmente países como la India informan una *eficiencia del riego* del 40%. Este porcentaje se basa en la cantidad de agua *desviada* de una fuente como un río, un manto acuífero o una presa, y entregada a la parcela a través de diversos canales para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. Gran parte de esa agua "se pierde" por la filtración, la infiltración y el escurrimiento en la conducción y a nivel de las parcelas. No obstante, en la mayoría de los casos una porción considerable de este *drenaje* (la cantidad de agua desviada y conducida a la parcela, pero no usada para la *evapotranspiración*) se usa en otra parte, tal vez en la próxima parcela, tal vez mediante el reciclaje del agua o la extracción de agua subterránea más abajo en la cuenca. En síntesis, el drenaje de una persona puede ser la disponibilidad del agua de otra. En consecuencia, las posibilidades de ahorrar agua mediante un mejor manejo no son tan grandes como nos harían pensar las mediciones tradicionales de la *eficiencia del riego*. A pesar de esto, hay bastantes oportunidades de mejorar el manejo del agua a nivel de la cuenca y del sistema, como se ilustra a continuación.

Las políticas, las instituciones y los incentivos. La creciente escasez de agua, acompañada en muchas zonas por cuencas hidrográfica que se cierran y el rápido abatimiento del agua subterránea, dictan la necesidad de nuevas políticas, instituciones e incentivos. Las reformas institucionales requerirán el establecimiento de oficinas o departamentos de recursos hídricos para coordinar el uso de todos los recursos de agua en la cuenca, tanto del agua subterránea como del agua de superficie, y para asignar equitativamente el agua entre los sectores que compiten entre sí: la irrigación, la industria, el uso doméstico, la generación de energía y el medio ambiente. Durante los dos últimos decenios, en las reformas institucionales se ha hecho hincapié en la delegación de la responsabilidad de la operación y el mantenimiento (O&M) de los sistemas operados por el gobierno a grupos de usuarios locales. México ha estado en la vanguardia de este movimiento. En la actualidad, la responsabilidad de más del 95% de la superficie incluida en los sistemas públicos ha sido transferida a las asociaciones locales de usuarios del agua (en el nivel secundario) y la responsabilidad del canal principal se está transfiriendo a grupos o asociaciones. A pesar de esto, la responsabilidad gubernamental de manejar y regular los recuursos hídricos a nivel de la cuenca o en niveles superiores aumentará a medida que se vuelva más escasa el agua y exigirá nuevas habilidades de manejo.

Hay quienes piensan que el manejo de nuestros recursos hídricos debe recaer en gran parte en el sector privado y que se debe cobrar el costo total del desarrollo de los recursos hídricos, con el fin de lograr la eficiencia económica e inducir cambios institucionales. En algunos sectores tal vez sea apropiado esto. No obstante, la función del agua—como una necesidad básica, un bien de interés social y un recurso social, económico, financiero y ambiental—hace excepcionalmente difícil seleccionar un conjunto apropiado de precios (Perry, Rock y Seckler 1997). En la irrigación, el manejo de los recursos hídricos está sujeto no sólo al fracaso del sector público sino también al del sector privado o "fracaso del mercado". Técnicamente, el reciclaje del agua da como resultado masivos beneficios y costos externos que

violan las condiciones de optimación de un sistema de mercado libre. La intensidad de los efectos externos en el uso del agua es tal vez mayor que en cualquier otro sector de la economía. Las reformas políticas deben exigir una determinación más realista de los precios del agua en sus diversos usos y, simultáneamente, reconocer que el agua es un bien tanto público como privado y una necesidad vital. Las políticas y las responsabilidades reglamentarias deben incluir, por ejemplo, la seguridad de las presas, el control de las inundaciones, la regulación de la calidad del agua y la aplicación y regulación del desarrollo del agua subterránea (Perry 1999).

El reciclaje. La investigación del IWMI en Kirindi Oya ofrece un ejemplo del impacto potencial del reciclaje. Mediante estudios del balance hídrico (Cuadro 3), se determinó que la intensidad del riego podía ser aumentada y se podía expandir la superficie regada para incluir la totalidad del área de control nominal. Se logró esto instalando estructuras sencillas de reciclaje en el sistema de drenaje (Renault 1999). Mediante el reciclaje y un mejor manejo del agua disponible, en los dos últimos años se ha mejorado la vida de 6,000 familias campesinas pobres.

El riego usando aguas residuales, incluyendo aguas servidas urbanas, es un ejemplo común de reciclaje que está siendo reconocido en todo el mundo. En México, por ejemplo, la totalidad de las 100,000 ha del sistema de riego del Valle del Mezquital dependen de las aguas residuales de la Ciudad de México, que constituye su fuente primaria de agua. En todo el país, se estima que 250,000 ha son regadas con aguas residuales que proporcionan considerables beneficios a los agricultores en cuanto a agua y nutrimentos, pero al mismo tiempo exponen a los agricultores y los consumidores a mayores riesgos de salud y ambientales.

El suministro confiable y oportuno. En Mahi Kadana, Gujarat, India, la modificación de la forma en que se entrega el agua aumentó la productividad de ésta en un 100% (Sakthivadivel y Gulati 1997). En China, los agricultores tienen estanques cercanos a sus parcelas donde se puede almacenar agua y tener acceso a ella cuando es necesario. Sin embargo, en la mayoría de los sistemas de riego de los países en desarrollo las entregas del agua tienden a relacionarse con la precipitación. El suministro confiable y puntual es la excepción, no la regla. Muchos agricultores, frustrados por las entregas poco confiables, han optado por instalar pozos profundos. Los rendimientos de los cultivos han sido considerablemente más altos con el riego mediante pozos profundos. Como ya se señaló, en la actualidad en la India y China más de la mitad de la superficie regada es servida por pozos. Se ha desarrollado una serie de tecnologías de microrriego, como los rociadores y el riego por goteo, que aumentan la confiabilidad y la precisión en la entrega del agua. Las modificaciones en el diseño para reducir el costo harán que estas tecnologías estén al alcance de los agricultores de los países en desarrollo en el futuro. En México, los grandes sistemas de riego con agua de superficie a menudo no permiten un control operativo suficiente para suministrar el agua cuando se solicita, a pesar de que las entregas de agua en general sí concuerdan con los períodos de deman

da de los cultivos. La mayor parte de la producción de hortalizas de alto valor para la expor tación se riega usando pozos, y existen varios programas de participación en los costo orientados a promover la adopción de tecnologías mejoradas de riego.

Un Mejor Manejo del Agua a Nivel de las Parcelas

Es difícil separar un análisis de un mejor manejo del agua a nivel de las parcelas del análisi a nivel del sistema o de la cuenca. Asimismo, es difícil separar una discusión de un mejor de manejo del agua a nivel de las parcelas de las mejoras en otras prácticas agronómicas en es mismo nivel. Los tres elementos están estrechamente vinculados. En ausencia de entrega confiables del agua, por ejemplo, los agricultores a menudo optan por perforar pozos. Cuan do las entregas del agua son confiables, los agricultores tienen distintas opciones. El sumi nistro confiable de agua puede influir en la elección del cultivo, la cantidad de fertilizant aplicada y una serie de otras prácticas agronómicas. Algunas de esas decisiones, como l elección de la fecha de siembra, el método de preparación de la tierra, el método de establ cimiento de las plantas (transplantadas o sembradas directamente), pueden influir en l cantidad de agua que se pierde mediante la evaporación, el escurrimiento, la filtración y l infiltración. Hay entonces medidas directas para ahorrar y almacenar agua o para usarla e forma más productiva, como elevar la altura de los bancos para almacenar el agua de lluvi en los arrozales o aplicar el agua a un cultivo sólo en los períodos críticos.

La Agricultura de Riego y la Agricultura de Temporal

Los científicos están en desacuerdo en cuanto a la contribución relativa del crecimiento de l agricultura de temporal, en comparación con la agricultura de riego, para satisfacer las nece sidades futuras de alimentos. La superficie cultivada total del mundo es de aproximadament mil millones de hectáreas, de las cuales sólo alrededor de la tercera parte son regadas; s observa el mismo porcentaje en México, donde 30% de la superficie agrícola total de 2 millones de ha corresponde a la infraestructura de riego. En consecuencia, un 10% de au mento de la productividad de la agricultura de temporal tendría un impacto que equivaldrí al doble del producido por un aumento similar en la productividad de la agricultura de riego No obstante, en África al sur del Sahara sólo el 5% de la superficie cultivada es regada.

Los científicos han demostrado que una serie de técnicas de recolección de agua y de rieg complementario ofrecen una gran promesa de incrementar los rendimientos de los cultivo en las zonas donde escasea el agua. Sin embargo, ha sido en extremo limitada la adopció por los agricultores porque los riesgos y los costos han superado a los beneficios (Oweis Hachum y Kijne 1999). La respuesta parece residir en proporcionar tecnologías de menc costo. En el sur de Asia y en África se están volviendo cada vez más populares entre lo agricultores los dispositivos de cubetas y goteo, de muy bajo costo.

En las donde abunda el agua subterránea a poca profundidad, miles de agricultores pobres de Bangladesh han usado bombas con pedal, de bajo costo, con el fin de regar sus cultivos para su propia seguridad alimentaria y la obtención de ingresos adicionales (Shah *et al.* 1999). Los tanques de infiltración usados en la India constituyen otro mecanismo para captar y almacenar agua en mantos poco profundos, que pueda ser bombeada cuando sea necesario. Todavía no conocemos el potencial de estas tecnologías, los mecanismos para promover su adopción en gran escala o su impacto sobre el balance hídrico a nivel de la cuenca.

El Comercio Internacional y la Ventaja Comparativa

A medida que se desarrollan los países, se reduce el aporte de la agricultura al PIB total, si bien, en términos absolutos, tal vez la agricultura continúe creciendo. Las economías desarrolladas han escogido subsidiar la agricultura. Éste ha sido un factor importante para mantener bajos los precios mundiales de los alimentos, pero ha disminuido las exportaciones desde los países en desarrollo a los desarrollados. La fuerza de trabajo en la agricultura también se reduce durante el desarrollo económico, pero la productividad de la agricultura ha continuado aumentando a nivel mundial. Hoy el 5% de los agricultores del mundo producen la mitad de los alimentos del planeta (Carruthers y Morrison 1994).

Las proyecciones en la Figura 2 indican que la mayoría de los países de las zonas de escasez física y económica del agua en los Grupos I y II (rojo y naranja) importarán el 10% o más de los granos que necesitan. Allan (1998) ha acuñado el término valioso "comercio de agua virtual" para mostrar cómo el comercio internacional puede contribuir a aliviar la escasez de agua y otros problemas en muchos países. Los países con agua abundante deben exportar cultivos que requieren el empleo intensivo de agua, como el arroz, a los países donde escasea el agua. Ésta es una aplicación natural del principio de la ventaja comparativa en el comercio internacional. Sucede históricamente con el arroz, que ha sido exportado desde los principales deltas de ríos de Viet Nam, Tailandia y Myanmar, donde abunda el agua y la mano de obra ha sido barata. El trigo es exportado desde Canadá, los Estados Unidos y Europa, donde puede ser producido en estaciones frías con escasos requerimientos de agua. A mediados de los años 90, aproximadamente 100 millones de toneladas de exportaciones de trigo reflejaron un "comercio de agua" de al menos 100 kilómetros cúbicos anuales (Allan 1998). Los Estados Unidos exportan maíz, en gran parte porque puede ser cultivado sin riego debido a las excepcionalmente favorables condiciones agroclimáticas de la "faja maicera". La Figura 4 muestra la tendencia de las exportaciones per cápita del trigo y el maíz a Asia, África y América Latina. En Asia, como resultado de los considerables aumentos de la producción de granos alimentarios, la tendencia se ha nivelado desde 1980. Sin embargo, en África y más recientemente en América Latina, se ha observado un aumento continuo. Este principio también se refiere al comercio dentro de los países. Egipto podría ahorrar casi el 10% de su escasa disponibilidad de agua reemplazando, por ejemplo, la producción de caña de azúcar en el sur, muy cálido, con la producción de remolacha azucarera en la temporada fría en el norte.

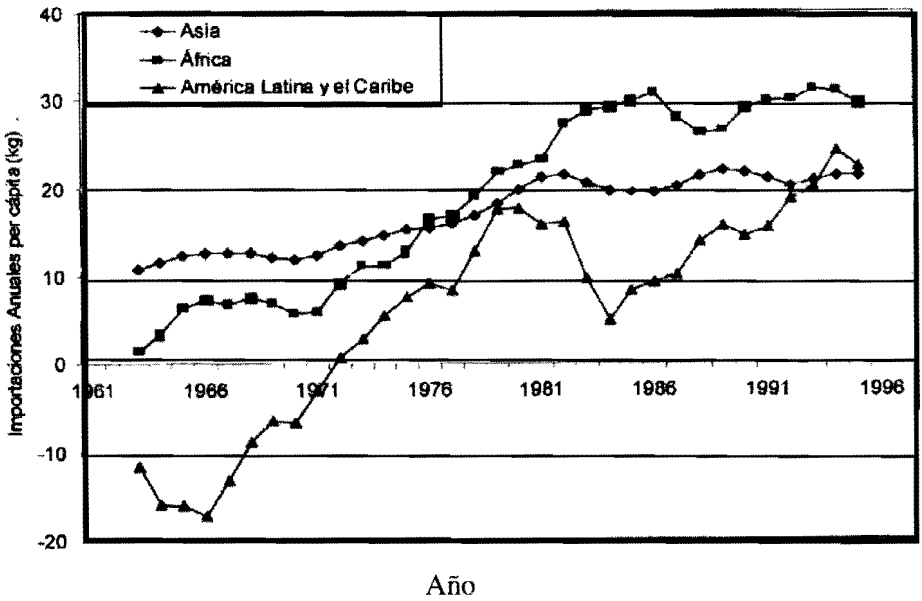


Figura 4. Importaciones netas per cápita de trigo y maíz en distintas regiones del mun do, 1961-1997 (promedios móviles en cinco años)

En México, si bien se ha estancado el crecimiento de la producción de cereales, el volume de las exportaciones de cultivos de alto valor producidos mediante riego continúa aumentand En los últimos 30 años las exportaciones de hortalizas y frutas se multiplicaron por más d 10, al mismo tiempo que crecen las importaciones de cereales. México se concentra cad vez más en cultivos de alto valor como las frutas y las hortalizas que consumen relativament poca agua, a expensas de cultivos que necesitan más agua, como los cereales. La Figura muestra que, en los últimos cinco años, el valor de las exportaciones fue de 1 a 1.5 m millones de dólares más que el valor de las importaciones de cereales. Para producir la exportaciones de frutas y hortalizas, se requirió sólo un kilómetro cúbico de agua evaporad por los cultivos, mientras que la producción de los cereales importados hubiera necesitad seis veces más. Las cifras claramente muestran la ganancia en términos tanto monetario como del agua, resultante de la conservación *de facto* del agua virtual en México.

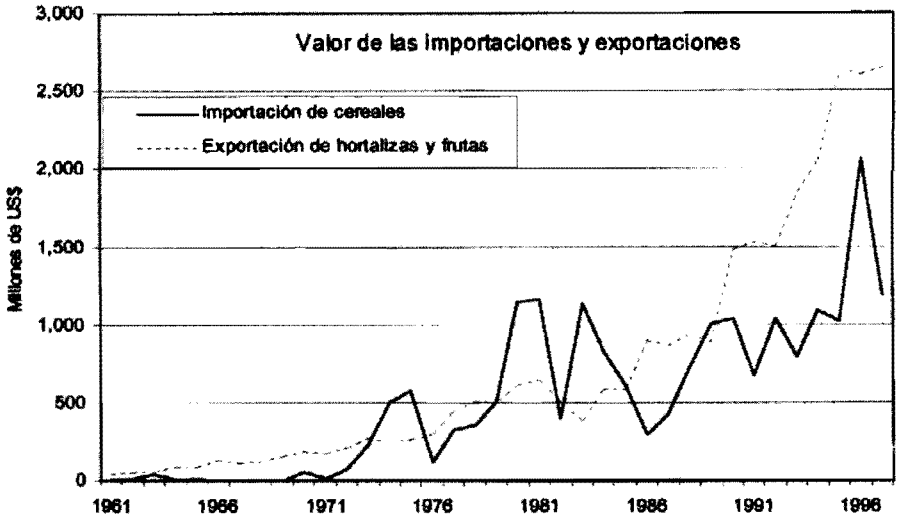
Las importaciones de alimentos son esenciales cuando los países no pueden producir lo alimentos necesarios a causa de la escasez de agua u otras restricciones, como sucede e muchos países del Medio Oriente y África al sur del Sahara. También se observa esto e algunos países del sudeste de Asia, como Malasia, donde la expansión de los sectores indu trial y de servicios crea severas restricciones de mano de obra en la agricultura.

En algunos países de África al sur del Sahara el costo del transporte desde el interior del país hace que sea mejor alimentar a las ciudades costeras mediante importaciones en lugar de con la producción interna, por lo menos a corto plazo, hasta que se pueda crear la infraestructura rural.

Por supuesto, un problema importante relacionado con el comercio es que las importaciones de alimentos deben ser pagadas con divisas obtenidas mediante las exportaciones o con subsidios y préstamos. Este hecho está algo oculto por las grandes cantidades de asistencia de donadores en divisas fuertes y las históricamente muy subsidiadas exportaciones de los Estados Unidos de América y Europa. Según la teoría de la ventaja comparativa, cada país debería ser capaz de exportar lo suficiente para cubrir las importaciones. Sin embargo, en la práctica no sucede esto. Muchos de los países más necesitados, como los de África al sur del Sahara, no tienen exportaciones suficientes para pagar las importaciones.

Las Perspectivas a Largo Plazo y las Restricciones a Corto Plazo

Hasta el momento, no hay pruebas concluyentes de que sea insuficiente el agua dulce para satisfacer las necesidades futuras de agua de una población mundial mucho más grande (Allan 1998). De hecho, Biswas (1999) ha señalado que, a medida que aumenten los precios del agua, habrá mayor demanda de la exploración del agua subterránea para aumentar la disponibilidad. Se requieren más investigaciones para contar con cifras confiables. Entre tanto, muchas partes del mundo, incluido México, ya afrontan una severa escasez de agua y la calidad de ésta se está deteriorando. A corto plazo, se puede esperar que aumente el número de personas afectadas. No obstante, como sucedió con la "crisis de alimentos" de los años 60 y 70, el panorama a largo plazo se ve más promisorio.



Nota: Se supone una productividad del agua de 1.2 kg/m³ de evapotranspiración en el caso de los cereales y de 4 kg/m³ en el de las frutas y las hortalizas)

Figura 5. Importaciones de cereales y exportaciones de hortalizas y frutas, México

El IWMI confía en que lo que algunos ahora llaman la "crisis del agua" puede ser superada. Sin embargo, esto exigirá sustanciales inversiones y cambios en las políticas, las instituciones y los sistemas de manejo. A continuación se señalan las metas a largo plazo:

- Un nivel adecuado de consumo de alimentos per cápita, que depende principalmente del crecimiento de la productividad de la agricultura de riego, para reducir en forma considerable la malnutrición y las formas más extremas de pobreza.

- Suficiente disponibilidad de agua para los sectores doméstico e industrial con el fin de satisfacer sus necesidades básicas y las demandas económicas de agua en el 2025.

- Acceso a agua limpia para uso doméstico y la producción agrícola, una mayor seguridad alimentaria e ingresos rurales más altos en los países donde un gran porcentaje de los pobres depende de la agricultura para su subsistencia.

- Políticas y programas enérgicos para mejorar la calidad del agua y sostener los usos ambientales de ésta.

Para alcanzar estos objetivos, se requerirán una considerablemente *mayor productividad de los recursos hídricos y el desarrollo de nuevas fuentes de suministro de agua.*

El Foro Mundial del Agua celebrado en La Haya en marzo del 2000, el Simposio Anual del Agua de Estocolmo y una serie de otras actividades auspiciadas por organismos tales como el

Consejo Mundial del Agua, la Asociación Mundial para el Agua y la Comisión Internacional de Riego y Drenaje han hecho mucho para atraer la atención del público hacia el creciente problema del agua y han establecido metas similares a las antes señaladas.

No obstante, a corto plazo existen obstáculos importantes para lograr la *mayor productividad de los recursos hídricos y el desarrollo de nuevas fuentes de suministro de agua.* Los precios mundiales de los granos han caído un 50% con respecto a su nivel en los años 60 y 70 y han permanecido bajos y estables en los últimos quince años. En México, los precios reales de campo se han reducido en términos reales un 57% en relación con sus niveles de 1980. Entre tanto, en los tres últimos decenios el costo de las nuevas construcciones para riego se han multiplicado por dos o tres con respecto al nivel anterior. Si bien el público se ha concentrado en los problemas ambientales resultantes de la construcción de grandes presas, el marcado cambio en la relación entre costos y beneficios basta para desalentar a la mayoría de los gobiernos y organismos internacionales de préstamo de desarrollar nuevos sistemas de agua de superficie. El costo de la tecnología de los pozos profundos ha estado bajando y esto, aunado al suministro más confiable de agua mediante esos pozos, explica en gran medida por qué en la India y China la parte de la superficie regada con agua subterránea supera a la regada con canales. Sin embargo, en muchas zonas esto ha dado como resultado la sobreexplotación del agua subterránea y una declinación de la calidad del agua, como sucede en la cuenca Lerma-Chapala.

Las inversiones en investigación sobre los cereales también han disminuido y se ha desacelerado el crecimiento del rendimiento de los cultivos (una fuente importante de aumento de la productividad del agua en los últimos 30 años). Por ejemplo, debido a lo que Lipton (1999) llama el "deslizamiento de la misión", el porcentaje de fondos que el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) destina a la *productividad* ha caído del 74% en los años 70 a 34% en épocas recientes. Por último, si bien se está efectuando una cantidad modesta de investigaciones sobre formas de mejorar el manejo del agua, todavía no conocemos el potencial que se puede concretar mediante esta vía, en términos de ahorros de agua y una mayor productividad de ésta. Dadas estas restricciones, a corto plazo y en gran medida también a largo plazo, podríamos basarnos cada vez más en el comercio internacional de granos o "agua virtual" para resolver nuestros problemas de seguridad alimentaria. Sin embargo, una estrategia de ese tipo no servirá mucho para alcanzar la meta de proporcionar a los pobres de las zonas rurales el acceso al agua limpia necesaria para su subsistencia.

Hoy estamos ante una situación paradójica. No es rentable invertir a los precios actuales, pero la ausencia de inversión en desarrollo y mejor manejo de los recursos hídricos y el mejoramiento de los cultivos que tienen períodos prolongados de gestación podría exacerbar el problema de la escasez del agua y amenazar la seguridad alimentaria. ¿Necesitamos esta conmoción para despertar a los encargados de formular las políticas y al público en general con el fin de que tomen las medidas requeridas para alcanzar las metas establecidas anteriormente?

Los Retos para México

Las opciones de un mayor desarrollo del riego en México parecen dudosas, si bien tal vez haya posibilidades de una producción agrícola adicional en la zona tropical más húmeda del país, el sureste, que se basara en cultivos especiales (como las frutas tropicales) producidos en condiciones de temporal o con riego complementario.

Con el crecimiento previsto de la población urbana (y la pobreza urbana), México ha establecido las prioridades jurídicas apropiadas orientadas a defender los derechos al agua potable para uso doméstico, por encima de los demás usos. Sin embargo, todavía no se conocen las implicaciones de la reutilización de las aguas residuales urbanas y la agricultura periurbana resultantes de esas tendencias. Por ejemplo, ¿qué tipos de inversiones se requerirán para manejar esta agua como un recurso y no como un desecho? ¿Qué procesos de tratamiento son los más idóneos para preservar parte del valor nutriente de las aguas residuales? Por último, ¿cuáles son las consecuencias ambientales y para la salud de esta reutilización inevitable, suponiendo que se establezcan las inversiones y salvaguardas apropiadas?

México afronta un complejo conjunto de factores internos y externos y retos que determinarán la naturaleza de la futura escasez de agua. Es evidente que, con una frontera común y crecientes vínculos económicos interdependientes con su vecino del norte, México tiene la oportunidad de beneficiarse con los avances y las carencias de la agricultura y el manejo del agua en los Estados Unidos, los cuales incluyen los precios bajos y en descenso de los productos agrícolas básicos, en particular los cereales, y una mayor rentabilidad de los mercados para las hortalizas y las frutas. Esas tendencias pueden actuar en forma concertada para mitigar la severidad de la escasez del agua en México.

En el ámbito interno, México aplica con seriedad reformas en su sector del agua y ha implementado una serie de innovaciones institucionales recientes que son observadas con atención en toda la región y en el mundo en general. A pesar del hecho de que México como país afronta escasez económica del agua, más de la mitad de la población sufrirá escasez física o absoluta del agua en el 2025. Con una población urbana en rápido aumento y una participación cada vez mayor del sector industrial en el crecimiento económico global, parece que la agricultura será el "cordero del sacrificio". Aun así, la equidad social y las implicaciones para la emigración—tanto dentro como más allá de las fronteras de México—hacen indeseable esta opción. Los recursos limitados pero críticos de agua del país deben ser manejados de manera responsable para abordar las metas a largo plazo antes mencionadas. Las decisiones políticas de hoy sobre cómo orientar los recursos hídricos y el desarrollo agrícola mediante inversiones en infraestructura, capacidad de manejo y el sector de la energía, influirán considerablemente en la situación de escasez del agua prevista y tal vez permitan aliviarla.

Bibliografía

Allan, T. 1998. Moving water to satisfy uneven global needs. "Trading" water as an alternative to engineering it. *ICID Journal* 47 (2): 1-8).

Biswas, A. 1999. Water crisis current perceptions and future realities. International Water Resources Association. *Water International*, Volume 24, Number 4, December 1999. pp. 363-367.

Carruthers, I, and J. Morrison. 1994. 2020 Vision - dramatic changes in the world agricultural and industrial production systems. *IIMI Review*, 8(1):14-20. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Chambers, R. 1988. *Managing canal irrigation. Practical analysis from South Asia.* Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi.

Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento del Programa de Ordenación y Saneamiento de la Cuenca Lerma-Chapala. 1991. "Acuerdo de Coordinación de Aguas Superficiales." *Colección Lerma-Chapala.* Vol. I, No. 5. Querétaro.

Keller, J., R. Sakthivadivel and D. Seckler. 2000. (Forthcoming). *Water scarcity and the role of storage in development.* Research Report 39. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Lipton, Michael. 1999. *Reviving global poverty reduction: What role for genetically modified plants?* 1999 Sir John Crawford Memorial Lecture, 28 October, 1999. USA: CGIAR Secretariat.

McCully, P. 1996. *Silenced rivers: The ecology and politics of large dams.* London, UK: Zed Books.

Molden, D.J., R. Sakthivadivel and Z. Habib. (Forthcoming). *Basin perspectives on agricultural water productivity: Examples from South Asia.* IWMI Research Report.

Oweis, T., A. Hachum and J. Kijne. 1999. *Water harvesting and supplemental irrigationfor improved water use efficiency in dry areas.* SWIM Paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Perry, C.J., M. Rock and D. Seckler. 1997. *Water as an economic good: A solution, or a problem?* Research Report 14. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Perry, C.J. 1999. The IWMI water resources paradigm: Definitions and implications. *Agricultural Water Management* 40 (1): 45-50)

Postel, Sandra. 1999. *Pillar of sand: Can the irrigation miracle last?* New York: USA.Worldwatch Institute.

Renault, D. 1999. Field report from Kirindi Oya. Duplicated.

Sakthivadivel, R., and O.T. Gulati. 1997. *Assessing management interventionsimpact with IIMI's minimum set of comparative indicators: The case of Mahi-Kadana Project,India.* In International seminar: Research Program on Irrigation Performance (RPIP), Mendoza, Argentina, November 3-7, 1997.

Scott, C.A. and C. Garcés-Restrepo. (Forthcoming). Conjunctive management of surface water and groundwater in the middle Río Lerma basin, Mexico. in A.K. Biswas and C. Tortajada (eds.) Integrated River Basin Management. New Delhi, India: Oxford University Press.

Seckler, D., U. Amarasinghe, D. Molden, R. de Silva and R. Barker. 1998. *World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues.* Research Report 19. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1996. Informe Completo de Estadísticas del Medio Ambiente, Mexico. Website: http://www.semarnap.gob.mx

Shah, T., D. Kumar, R.K. Nagar and M. Singh. 1999. *Pedal pumps and the poor: Social impact of a manual irrigation technology in South Asia.* Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. Duplicated.

Stockholm Environment Institute. 1997. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world.

System-wide Initiative on Water Management (SWIM). 2000. *Impact of water saving irrigation techniques in China.* Annual Report to ACIAR. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, and International Rice Research Institute.

World Bank and Comisión Nacional del Agua (CNA). 1999. *Políticas opcionales para el manejo de la sobreeplotación de acuíferos en México: estudio sectorial.* Mexico City: World Bank.