



INTERNATIONAL FOOD  
POLICY RESEARCH INSTITUTE

*soluciones sostenibles para acabar con el hambre y la pobreza*

2020  
VISION<sup>SM</sup>

IWMI  
International  
Water Management  
Institute

POLÍTICA ALIMENTARIA  
**INFORME**

# PANORAMA GLOBAL DEL AGUA HASTA EL AÑO 2025

## Cómo impedir una crisis inminente

Mark W. Rosegrant, Ximing Cai y Sarah A. Cline



## **INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE POLÍTICAS ALIMENTARIAS (IFPRI)**

El IFPRI fue creado en 1975 para: identificar y analizar estrategias y políticas nacionales e internacionales destinadas a satisfacer las necesidades alimentarias del mundo en desarrollo sobre bases sostenibles, con especial énfasis en los países de bajos ingresos y los pobres; poner los resultados de sus investigaciones a disposición de quienes estén en condiciones de utilizarlos; y ayudar a fortalecer las instituciones que llevan a cabo investigaciones y aplican los resultados de investigaciones en los países en desarrollo.

Si bien las investigaciones del IFPRI apuntan al objetivo preciso de contribuir a la reducción del hambre y la desnutrición, estas investigaciones involucran muchos y muy diversos factores que requieren un análisis de los procesos subyacentes y cuya cobertura va más allá de las fronteras del sector de la alimentación considerado en términos estrictos. Los programas de investigación del Instituto reflejan una cooperación mundial con gobiernos y con instituciones públicas y privadas interesadas en aumentar la producción de alimentos y mejorar la equidad de su distribución.

**UNA VISIÓN 2020 PARA LA ALIMENTACIÓN, LA AGRICULTURA Y EL MEDIO AMBIENTE** es una iniciativa que fue presentada por el IFPRI en 1993 en colaboración con asociados de todo el mundo. La Iniciativa de la Visión 2020 busca desarrollar y promover una visión compartida sobre la forma en que se pueden satisfacer las necesidades alimentarias del mundo a la vez que se reduce la pobreza y se protege al medio ambiente, y también busca generar información y alentar los debates para influir en las acciones de todas las partes involucradas.

La Iniciativa de la Visión 2020 desea manifestar su agradecimiento por el apoyo brindado a sus actividades generales por las siguientes instituciones donantes: Canadian International Development Agency, CIDA (Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional); Danish International Development Agency, DANIDA (Agencia Danesa de Desarrollo Internacional); Swedish International Development Cooperation Agency, SIDA (Agencia Sueca de Desarrollo Internacional); y Swiss Agency for Development Cooperation, SDC (Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo).

## **INSTITUTO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DEL AGUA (IWMI)**

La misión del IWMI consiste en: mejorar el manejo de los recursos hídricos y terrestres para la alimentación, el sustento y la naturaleza. El IWMI desarrolla actividades destinadas a: (1) identificar los grandes temas vinculados al manejo del agua y la seguridad alimentaria que deben ser comprendidos y tratados por los gobiernos y las autoridades que establecen las políticas; (2) desarrollar, verificar y promover prácticas y herramientas de manejo que puedan ser utilizadas por los gobiernos y las instituciones para manejar los recursos hídricos y terrestres de forma más eficaz y para corregir las situaciones de escasez de agua; (3) esclarecer los nexos entre la pobreza y el acceso al agua, y ayudar a los gobiernos y a la comunidad de los investigadores a comprender mejor los problemas específicos de los pobres que están vinculados al agua; y (4) ayudar a los países en desarrollo a aprovechar su capacidad de investigación para manejar la escasez de agua y otros temas vinculados a la seguridad alimentaria.

De acuerdo a la agenda del IWMI, las investigaciones deben llevarse a la práctica a través de cinco principales temas de investigación: Manejo integrado del agua para la agricultura, Sistemas sostenibles de manejo de pequeñas extensiones de tierra y del agua, Manejo sostenible del agua subterránea, Instituciones y políticas de recursos hídricos, y Agua para la salud y el medio ambiente.

El Instituto lidera tres programas internacionales que combinan la experiencia de un cierto número de Centros Future Harvest y otros asociados, incluyendo sistemas nacionales de investigación y ONG: Evaluación general del manejo del agua en la agricultura; Iniciativa sobre la malaria y la agricultura para todo el sistema (SIMA); Programa desafío del CGIAR sobre el agua y la alimentación.

## **GRUPO CONSULTIVO PARA LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA INTERNACIONAL (CGIAR)**

El IFPRI y el IWMI son dos de las 15 organizaciones internacionales de investigación agrícola financiadas por el CGIAR. Distribuidos en diferentes países del mundo, estos centros realizan investigaciones en colaboración con agricultores, científicos, y formuladores de políticas para combatir la pobreza e incrementar la seguridad alimentaria protegiendo al mismo tiempo la base de recursos naturales. Los centros son financiados por gobiernos, fundaciones privadas y organizaciones regionales e internacionales que en su mayoría son integrantes del CGIAR.

# **Panorama global del agua hasta el año 2025**

**Cómo impedir una crisis inminente**

Mark W. Rosegrant

Ximing Cai

Sarah A. Cline

Una Visión 2020 para la Alimentación, la Agricultura y el Medio Ambiente  
Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias  
Washington, D.C., EE.UU.

Instituto Internacional para el Manejo del Agua  
Colombo, Sri Lanka

Septiembre de 2002

Las opiniones expresadas en el presente documento corresponden a los autores y no reflejan ni representan necesariamente la opinión de las organizaciones copatrocinadoras o auspiciantes.

Copyright © 2004 International Food Policy Research Institute. Reservados todos los derechos. La reproducción parcial de este documento únicamente para uso personal o no lucrativo puede hacerse sin permiso expreso pero con reconocimiento al Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. Para reproducir partes de este documento con fines lucrativos o comerciales se requiere un permiso por escrito, el cual debe solicitarse a la División de Comunicaciones del IFPRI <ifpri-copyright@cgiar.org>.

ISBN 0-89629-648-2

# Índice

<b>Prefacio</b>	<b>v</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Un mundo sediento</b>	<b>2</b>
<b>Futuros alternativos para el agua</b>	<b>4</b>
<b>Consecuencias de la modificación de las políticas clave</b>	<b>17</b>
<b>Repercusiones para el futuro</b>	<b>22</b>
<b>Notas</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro: El modelo IMPACT-WATER</b>	<b>26</b>



# Prefacio

**D**esde hace ya cierto tiempo, los técnicos sostienen debates acerca de la capacidad de la Tierra para soportar poblaciones humanas cada vez mayores. ¿Puede la Tierra producir alimentos suficientes para 8.000 millones de personas? ¿Para 10.000 millones? Ahora encontramos que el agua será uno de los principales factores que podría limitar la producción futura de alimentos. Este recurso escaso debe enfrentar en forma permanente una fuerte e insostenible demanda de usuarios de todo tipo y, en cuanto se refiere al uso del agua, los productores agrícolas sufren una creciente competencia por parte de los residentes urbanos y las industrias. Los usos ambientales del agua, que pueden ser clave para asegurar la sustentabilidad de la oferta de agua en la Tierra en el largo plazo, son con frecuencia objeto de mínima atención.

Sobre la base de un modelo global de oferta y demanda de alimentos y agua, el presente informe demuestra que si persisten las actuales políticas sobre el agua, a los productores agrícolas les va a resultar realmente difícil poder satisfacer las necesidades alimentarias del mundo. El efecto más duro lo sufrirán los más pobres. Los resultados del modelo utilizado en el presente informe también demuestran las consecuencias de un cambio de rumbo en la política sobre el agua. Si se siguen desatendiendo las inversiones y las políticas vinculadas al agua, se generará una grave crisis en el suministro de agua, que a su vez llevará a una crisis en el suministro de alimentos. Sin embargo, un compromiso acerca del uso sostenible del agua por medio de políticas e inversiones adecuadas llevará a un mundo con mayor seguridad de agua y alimentos. Si bien es cierto que el agua es un recurso escaso, el ser humano ha desarrollado muchas formas de usar este recurso de manera más eficiente —es decir, obtener más de cada unidad de agua. Pero de nada sirve tener políticas, técnicas y tecnologías para ahorrar agua si las mismas no se llevan a la práctica. Cuando los incentivos y las instituciones no son apropiados, con frecuencia impiden un uso eficaz del agua. El presente informe describe en detalle cuáles serán mañana los resultados de las decisiones que tomemos hoy.

Se puede encontrar muchos más detalles sobre las alternativas descritas en el presente informe en un libro titulado *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*, por Mark W. Rosegrant, Ximing Cai y Sarah A. Cline, también disponible a través del IFPRI.





# Introducción

**L**a demanda de agua, un recurso cada vez más escaso en el mundo, está creciendo rápidamente, lo que pone en peligro la disponibilidad de agua para la producción alimentaria y genera un riesgo para la seguridad alimentaria global. La agricultura, de la que depende el sustento de una población cada vez más grande, compite por este escaso suministro de agua con los usos industriales, domésticos y ambientales. A medida que aumenta la demanda de agua de todos los usuarios, se va agotando el agua subterránea, se contaminan y degradan otros ecosistemas acuáticos, y resulta cada vez más costoso desarrollar nuevas fuentes de agua.

¿Habrá agua suficiente para cultivar alimentos en el año 2025, cuando la Tierra tenga –según se estima– casi 8.000 millones de habitantes? Si no se comprende la evolución de la relación entre la disponibilidad de agua y la producción de alimentos es imposible dar respuesta a tal pregunta. Comprender esta relación permitirá a las autoridades tener un claro panorama de las consecuencias que tendrán en el futuro las decisiones que tomen hoy para equilibrar la oferta y la demanda de agua entre todos los usuarios.

Para examinar estas consecuencias, hemos desa-

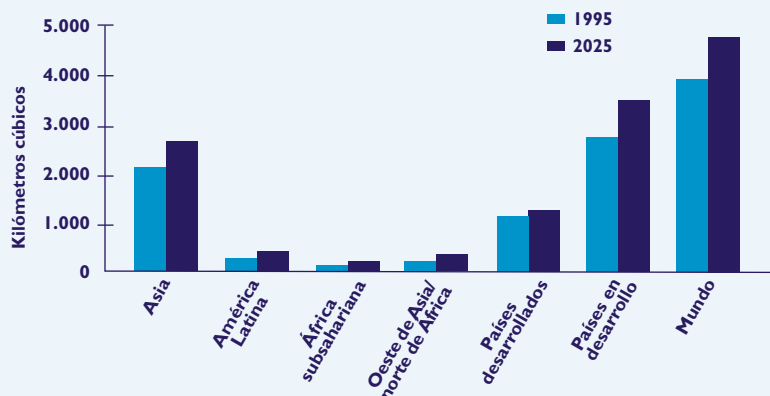
rollado un modelo global (ver Cuadro en la página 26) sobre la oferta y la demanda de agua y alimentos, destinado a responder a los siguientes interrogantes: ¿Cómo evolucionarán probablemente la disponibilidad y la demanda de agua hasta el año 2025? ¿Qué impacto tendrán diversas políticas e inversiones vinculadas al agua sobre la disponibilidad de agua para el medio ambiente, para fines domésticos e industriales y para riego? ¿Qué medidas pueden tomar las autoridades para asegurar un uso sostenible del agua que satisfaga las necesidades alimentarias del mundo?



# Un mundo sediento

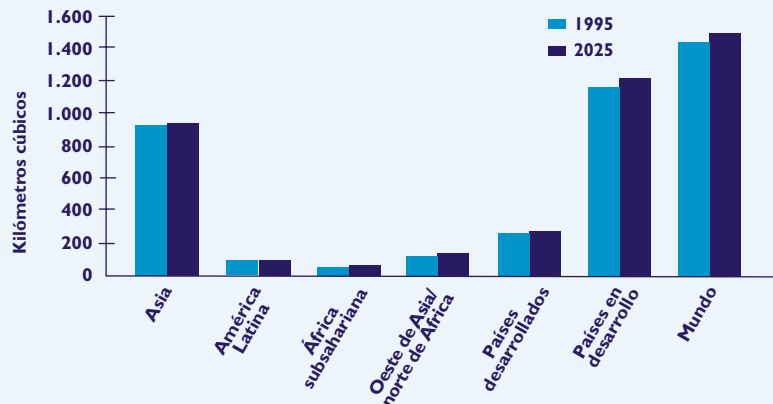
**E**l desarrollo del agua es la base de la seguridad alimentaria, el sustento de los pueblos, el crecimiento industrial y la sostenibilidad ambiental en todo el mundo. En 1995, en el mundo se extrajeron 3.906 kilómetros cúbicos (km<sup>3</sup>) de agua para dichos fines (Figura 1). Se ha proyectado que para el año 2025 la extracción de agua para diversos usos (doméstico, industrial y ganadero) habrá aumentado en al menos un 50 por ciento. Esto limitará gravemente la extracción de agua para riego, que aumentará solamente un 4 por ciento, lo que restringirá a su vez la producción de alimentos.

Figura 1 Extracción total de agua por región, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
 NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

Figura 2 Consumo total de agua de riego por región, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
 NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

En la actualidad, en todo el mundo se riegan unos 250 millones de hectáreas, casi cinco veces más que a comienzos del siglo XX. El riego ha ayudado a aumentar los rendimientos y la producción de la agricultura y a estabilizar la producción y el precio de los alimentos. Pero el crecimiento de la población y los ingresos no hará más que aumentar la demanda de agua para riego, con el fin de satisfacer las necesidades de la producción de alimentos (Figura 2). Si bien los logros en materia de riego han sido extraordinarios, en muchas regiones el mal manejo del riego ha reducido significativamente las cotas del agua subterránea, dañado los suelos y reducido la calidad del agua.

El agua es también esencial para calmar la sed, para otros usos domésticos y para la producción industrial. El acceso a agua segura para beber y para la higiene es crucial para mantener la salud, en especial en los niños. Sin embargo, más de 1.000 millones de personas en todo el mundo carecen de agua segura suficiente para cubrir sus niveles mínimos de salud e ingresos. Si bien las familias y las industrias utilizan mucha menos agua que la agricultura, estos sectores han registrado un rápido aumento en su consumo. En términos globales, entre 1950 y 1995 se cuadruplicó la extracción de agua para fines domésticos e industriales, lo que contrasta con la evolución de su uso en la

agricultura, donde en el mismo período el aumento alcanzó apenas algo más que el doble.<sup>1</sup>

El agua está íntimamente vinculada a la salud del medio ambiente. El agua es vital para la supervivencia de los ecosistemas y de las plantas y animales que allí tienen su hábitat, y a su vez los ecosistemas ayudan a regular la cantidad y la calidad del agua. Los humedales almacenan agua durante las lluvias, la liberan en los

períodos secos, y la purifican de muchos contaminantes. Los bosques reducen la erosión y la sedimentación de los ríos y recargan el agua subterránea. Hace muy poco tiempo que se ha reconocido la importancia de reservar agua para fines ambientales: durante el siglo XX la humanidad perdió más de la mitad de los humedales del mundo.<sup>2</sup>

# Futuros alternativos para el agua

**E**n la actualidad existe un alto grado de incertidumbre acerca del futuro del agua y los alimentos. Parte de esta incertidumbre se debe a factores relativamente incontrolables como el clima. Pero otros factores cruciales pueden ser modificados por las decisiones colectivas de los pueblos del mundo. Estos factores incluyen el crecimiento de los ingresos y la población, las inversiones en infraestructura para el manejo del agua, su distribución entre los diversos usuarios, una reforma en el manejo del agua y cambios tecnológicos en la agricultura. Las decisiones políticas —y las acciones de miles de millones de personas— determinan la calidad de estos fundamentales propulsores de la oferta y la demanda de agua y alimentos a largo plazo.

Para demostrar los muy diferentes resultados que generan las decisiones políticas, presentamos tres posibles alternativas de futuro para el agua y los alimentos a escala global, seguidas de una evaluación de opciones específicas en materia de políticas.<sup>3</sup>

## Alternativa sin cambios

En la alternativa sin cambios, se mantienen las tendencias actuales de las políticas, el manejo y las inversiones en agua y alimentos. Las instituciones donantes internacionales y los gobiernos nacionales, satisfechos con sus logros en materia de agricultura y riego, suspenden sus inversiones en dichos sectores. Los gobiernos y los usuarios de agua implementan reformas en las instituciones y en las prácticas de manejo solo de forma limitada y no sistemática. Estas condiciones hacen que el mundo no esté bien preparado para enfrentar fuertes desafíos en los sectores del agua y la alimentación.

Durante las próximas décadas, la superficie dedicada al cultivo de alimentos crecerá lentamente en la mayor parte del mundo, debido a la urbanización, la degradación del suelo y el lento crecimiento de las inversiones en riego, y también debido a que una gran parte de las tierras arables del mundo ya está siendo aprovechada. Más aún, la estabilidad o reducción del precio real de los cereales hará que a los productores no les resulte rentable ampliar las áreas destinadas a las cosechas. En consecuencia, una mayor parte de la producción de alimentos dependerá primordialmente de un aumento de los rendimientos. Sin embargo, también se reducirá el crecimiento del rendimiento de las cosechas, debido a la reducción de las inversiones públicas en investigaciones agrícolas e infraestructura rural. Más aún, no es fácil que se repitan muchas de las medidas que permitieron lograr mayores rendimientos en la producción, como por ejemplo la mayor densidad

de las plantaciones, la introducción de cepas que responden mejor a los fertilizantes y las mejores prácticas de manejo

En el sector del agua, se logrará mayor eficiencia en el manejo de las cuencas fluviales y el agua para riego, pero con lentitud. Los gobiernos continúan transfiriendo la administración de los sistemas de riego a organizaciones de productores y asociaciones de usuarios de agua. Dichas transferencias aumentan la eficiencia del uso del agua cuando se basan en patrones de cooperación ya existentes y cuentan con el respaldo de políticas y un marco jurídico favorable. Pero con frecuencia se observa la ausencia de tales condiciones.

En algunas regiones, los productores adoptarán prácticas de riego más eficientes. Sin embargo, los incentivos económicos para lograr un manejo más eficiente del agua todavía deberán enfrentar la oposición política de quienes se preocupan por el impacto del mayor precio del agua sobre los ingresos de los productores agrícolas y de quienes se atrincheran en los beneficios que logran a partir de los sistemas actuales de distribución del agua. El manejo del agua también mejorará lentamente en la agricultura bajo lluvia, como resultado de pequeños avances en la recolección de agua, mejores técnicas de manejo en los establecimientos, y el cultivo de variedades que requieren más cortos períodos para su desarrollo.

Las inversiones públicas en la ampliación de sistemas de riego y depósitos de reserva de agua se reducirán a medida que aumenten los costos financieros, ambientales

y sociales y bajen los precios de los cereales y otros cultivos que hacen uso del riego. Ello no obstante, cuando los beneficios sean mayores que los costos, muchos gobiernos construirán represas, con lo que aumentarán moderadamente las reservas de agua para riego.

Debido al lento crecimiento del riego con agua de superficie, los productores intensificarán el bombeo de agua subterránea, que implica menores precios y está sujeta a menos reglamentaciones. Las regiones que en la actualidad bombean agua subterránea con más rapidez de la que requieren los acuíferos para recargarse, como el oeste de los Estados Unidos, el norte de China, el norte y el oeste de la India, Egipto, el oeste de Asia y el norte de África, continuarán actuando de la misma manera.

El costo del suministro de agua a las familias y las

industrias aumentará dramáticamente. Los mejores sistemas de distribución y la mayor eficiencia en el uso del agua en los hogares permitirán un leve aumento de la proporción de familias conectadas al agua por cañería. Sin embargo, muchas familias seguirán careciendo de este servicio. Los bajos aumentos del precio del agua industrial, la mejor regulación y el mayor cumplimiento de las normas para el control de la contaminación, y las nuevas tecnologías industriales harán que se reduzca la intensidad del uso de agua en la industria (es decir, la demanda de agua por cada US\$1.000 de producto bruto interno). Sin embargo, el precio del agua industrial seguirá siendo relativamente bajo y el cumplimiento de las reglamentaciones contra la contaminación será con frecuencia objeto de pocos controles. Así pues, se perderán importantes ganancias potenciales.

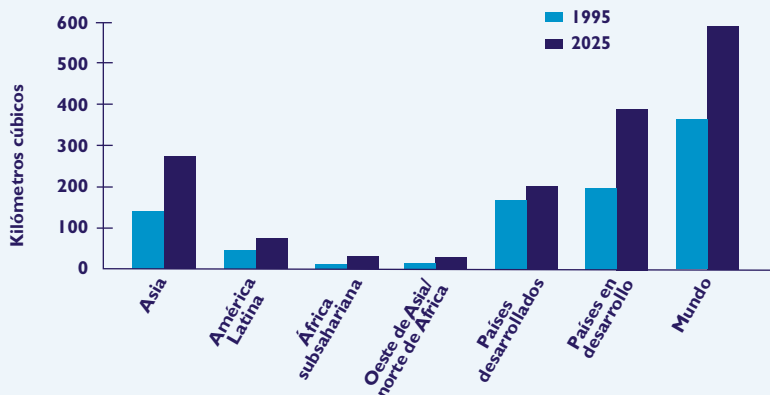
Los ambientalistas y otros grupos de interés presionarán para que aumente la cantidad de agua que se destina a preservar los humedales, diluir los contaminantes, mantener la flora ribereña y otras especies acuáticas, y apoyar el turismo y las actividades recreativas. Pero debido a la competencia por el agua proveniente de otros usuarios, no aumentará la proporción de agua que se destine a usos ambientales.

### La situación del agua

En esta alternativa sin cambios, casi todos los usuarios registrarán una fuerte demanda que afectará a la oferta mundial de agua. Las proyecciones indican que la extracción global de agua para 2025 habrá aumentado un 22 por ciento con respecto a su nivel de 1995, a 4.772 km<sup>3</sup> (ver Figura 1, página 2).<sup>4</sup> Según las proyecciones, la extracción de agua de los países en desarrollo aumentará un 27 por ciento durante este período de 30 años, en tanto la extracción de los países desarrollados aumentará un 11 por ciento.<sup>5</sup>

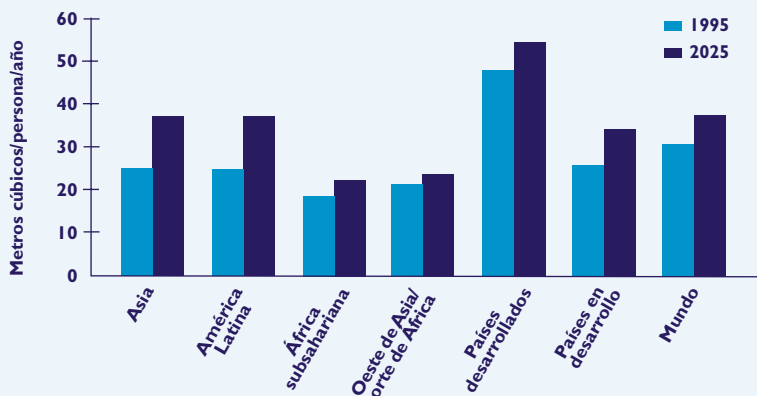
En conjunto, el consumo de agua con fines domésticos, industriales y ganaderos —es decir todo el consumo con excepción del riego— registrará un fuerte aumento de un 62 por ciento entre 1995 y 2025 (Figura 3). Debido al rápido crecimiento de la población y al aumento del consumo de agua per cápita (Figura 4), el consumo doméstico total aumentará un 71 por ciento, y más de un 90 por ciento de dicho

Figura 3 Consumo total de agua excluyendo el riego por región, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

Figura 4 Consumo per cápita de agua para usos domésticos por región, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

aumento corresponderá a los países en desarrollo. Las mejoras en materia de conservación y las innovaciones tecnológicas reducirán el uso doméstico de agua per cápita en los países desarrollados, que representan el mayor consumo de agua per cápita.

En los países en desarrollo, el uso industrial del agua aumentará a un ritmo mucho más rápido que en los países desarrollados. En 1995, las industrias de los países desarrollados consumieron mucha más agua que las industrias del mundo en desarrollo. Sin embargo, se ha proyectado que hacia 2025 la demanda de agua industrial del mundo en desarrollo habrá aumentado a 121 km<sup>3</sup>, es decir 7 km<sup>3</sup> más que en el mundo desarrollado (Figura 5). La intensidad del uso de agua industrial se reducirá en todo el mundo, especialmente en los países

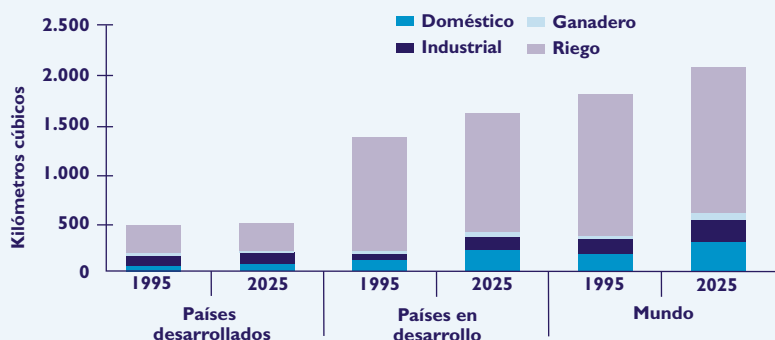
en desarrollo (donde los niveles de intensidad iniciales son muy elevados), gracias a las mejoras en la tecnología para el ahorro de agua y en las políticas aplicadas a la demanda. Ello no obstante, la magnitud total del aumento de la producción industrial en el mundo llevará igualmente a un aumento de la demanda total de agua para fines industriales.

El consumo directo de agua del ganado es muy bajo en comparación a otros sectores. Pero el rápido aumento de la producción ganadera, en particular en los países en desarrollo, significa que la demanda de agua para el ganado aumentará un 71 por ciento entre 1995 y 2025. Cuando se espera que la demanda de agua para el ganado aumente solo un 19 por ciento en los países desarrollados entre 1995 y 2025, se ha proyectado que aumentará a más del doble en los países en desarrollo, de 22 a 45 km<sup>3</sup>.

Si bien el riego es por lejos el mayor usuario de agua del mundo, las proyecciones indican que el uso de agua para riego aumentará mucho más lentamente que en otros sectores. Para el agua de riego, hemos calculado tanto la demanda potencial como el consumo real. La demanda potencial es la demanda de agua para riego en ausencia de toda restricción en la oferta; en cambio, el consumo real de agua para riego es la demanda realizada, teniendo en cuenta las limitaciones de la oferta (Figura 6). La proporción de la demanda potencial que se realiza en forma de consumo real constituye el índice de confiabilidad de la oferta de agua de riego (Irrigation Water Supply Reliability - IWSR).<sup>6</sup> Un índice IWSR de 1,0 significaría que se satisface toda la demanda potencial.

La demanda potencial para riego crecerá un 12 por ciento en los países en desarrollo, en tanto de hecho se reducirá un 1,5 por ciento en los países desarrollados. El mayor crecimiento de la demanda potencial de agua para riego se generará en el África subsahariana, donde se estima un aumento de un 27 por ciento, y en América Latina, donde el aumento ascenderá a un 21 por ciento. Ambas regiones registran un alto porcentaje de expansión de las superficies sometidas a riego en comparación a su nivel relativamente bajo de 1995. Las

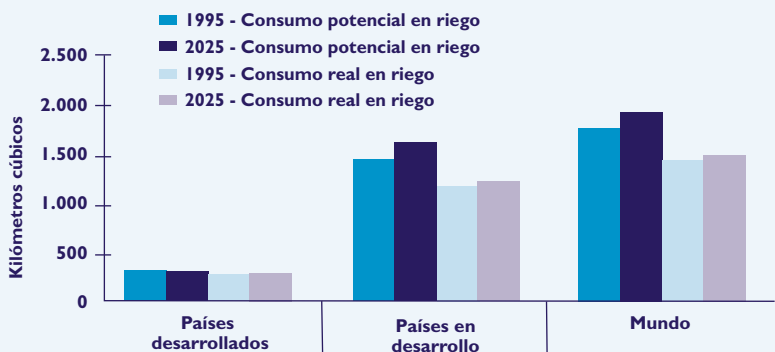
Figura 5 Consumo de agua por sector, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

Figura 6 Consumo potencial y real de agua de riego, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.



**Tabla 1 Confiabilidad de la oferta de agua de riego por región, 1995 y 2025**

REGIÓN	ÍNDICE DE CONFIABILIDAD DE LA OFERTA DE AGUA DE RIEGO (IWSR)	
	1995	2025
Asia	0,81	0,76
América Latina	0,83	0,75
África subsahariana	0,73	0,72
Oeste de Asia/norte de África	0,78	0,74
Países desarrollados	0,87	0,90
Países en desarrollo	0,81	0,75
Mundo	0,82	0,78

FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

proyecciones indican que en la India se dará el mayor crecimiento de la demanda potencial de agua de riego en términos absolutos, 66 km<sup>3</sup> (17 por ciento), debido al crecimiento relativamente rápido de las áreas bajo riego con respecto a un nivel que ya era elevado en 1995. En el oeste de Asia y el norte de África el aumento será de un 18 por ciento (28 km<sup>3</sup>, principalmente en Turquía), en tanto China registrará un aumento mucho menor, de un 4 por ciento (12 km<sup>3</sup>). En Asia como región, la demanda potencial de agua para riego aumentará un 8 por ciento (100 km<sup>3</sup>).

La escasez de agua para riego se intensificará; su consumo real en todo el mundo aumentará, según las proyecciones, más lentamente que el consumo potencial, solo un 4 por ciento entre 1995 y 2025. En los países en desarrollo, con el transcurso del tiempo solo se cubrirá una fracción cada vez menor de la demanda potencial. El índice IWSR de los países en desarrollo se reducirá de 0,81 en 1995 a 0,75 en 2025, y en las cuencas fluviales secas esta reducción será todavía más pronunciada (Tabla 1). Así por ejemplo, en la cuenca del río Haihe en China, que es una importante zona productora de trigo y maíz que atiende las necesidades de importantes áreas metropolitanas, se ha proyectado que el índice IWSR caerá de 0,78 a 0,62, y en la zona del río Ganges en la India, el índice caerá de 0,83 a 0,67.

En el mundo desarrollado se da la situación opuesta: se ha proyectado que la oferta de agua de riego aumentará más rápidamente que la demanda potencial (si bien ciertas cuencas enfrentarán una mayor escasez de agua). La mayor eficiencia en las cuencas fluviales compensará con creces la pequeña expansión del área bajo riego. En consecuencia, después de una reducción inicial de 0,87 a 0,85 en 2010, el índice IWSR aumentará a 0,90 en 2025, gracias a un menor ritmo de crecimiento de la demanda

doméstica e industrial (y a una reducción real del consumo total doméstico e industrial en los Estados Unidos y Europa), así como debido a un uso más eficiente del agua para riego.

### *La situación de los alimentos*

En la alternativa sin cambios, la escasez de agua llevará a un menor crecimiento de la producción de alimentos y a cambios

sustanciales en cuanto a las zonas en que se cultivan los alimentos del mundo.

Frente a la reducción de la oferta relativa de agua, a los agricultores les resultará imposible aumentar el rendimiento de sus cosechas tan rápidamente como en el pasado. Se ha proyectado que la tasa global de crecimiento del rendimiento de todos los cereales se reducirá de un 1,5 por ciento anual entre 1982 y 1995 a un 1,0 por ciento anual entre 1995 y 2025. En los países en desarrollo, el crecimiento promedio del rendimiento de las cosechas se reducirá de un 1,9 por ciento a un 1,2 por ciento por año.

En el caso de los cereales cultivados bajo riego, los rendimientos relativos proyectados de los cultivos muestran que la escasez de agua es una causa significativa del menor crecimiento del rendimiento de los cereales en los países en desarrollo. El rendimiento relativo de un cultivo es el coeficiente entre el rendimiento real proyectado y el rendimiento que puede lograrse económicamente, con precios dados para la cosecha y los insumos, en condiciones de tensión nula en términos del suministro de agua. El rendimiento relativo de los cultivos de cereales en las zonas bajo riego de los países en desarrollo se reducirá, según las proyecciones, de 0,86 en 1995 a 0,75 en 2025 (Figura 7). Esta caída del rendimiento relativo de los cultivos representa una pérdida anual de rendimiento que no puede recuperarse, debida a una mayor tensión en el suministro de agua de 0,68 toneladas métricas por hectárea en 2025, o sea una pérdida anual de producción cerealera de 130 millones de toneladas métricas, equivalente a la producción anual de arroz de China a fines de la década del 90 o al doble de la producción de trigo de los Estados Unidos en el mismo período.<sup>7</sup>

Se espera que en las próximas décadas, el área cultivada crezca aún más lentamente que el rendimiento de

los cultivos. Las superficies destinadas a cereales aumentarán solo 64 millones de hectáreas hasta 2025, respecto de los 687 millones de hectáreas que se cultivaron en 1995. Según las proyecciones, todo este crecimiento se registraría en los países en desarrollo, en tanto en los países desarrollados habría una leve reducción del área cerealera.

El crecimiento de la demanda de alimentos se concentrará en los países en desarrollo, donde el aumento de los ingresos y la rápida urbanización también harán que los pobladores cambien los tipos de alimentos que prefieren. Los consumidores abandonarán el maíz y los granos gruesos en favor de trigo, arroz, productos

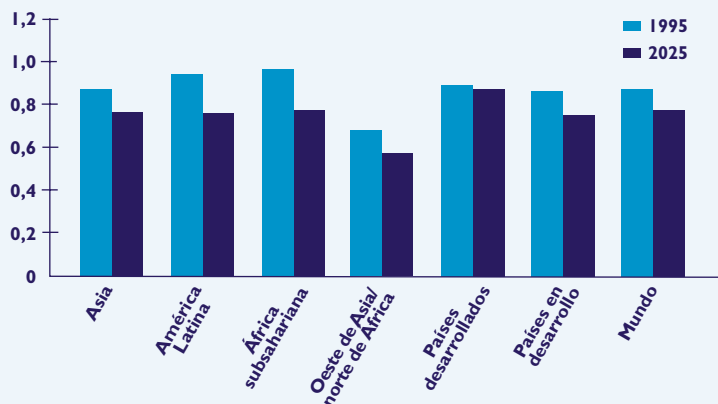
ganaderos, frutas y vegetales. En gran parte de Asia se dará un vuelco adicional del arroz hacia el trigo. El fuerte crecimiento proyectado del consumo de carne aumentará, a su vez, sustancialmente, el consumo de cereales como forraje, en particular el maíz. Según las proyecciones, la demanda mundial total de cereales aumentará 828 millones de toneladas, es decir un 47 por ciento.

Al reducirse el crecimiento de la producción, los precios de la mayoría de los alimentos básicos tenderán a bajar, pero lo harán mucho más lentamente que en las dos últimas décadas. Los precios del maíz aumentarán ligeramente, en tanto el arroz, el trigo y otros cereales registrarán una reducción en los precios. La mayor

reducción la muestran los precios del arroz, una caída de US\$64 por tonelada, o sea un 22 por ciento, entre 1995 y 2025; pero esta evolución es todavía muy inferior a la tasa de caída de los precios de las tres últimas décadas. El precio real mundial del trigo, el arroz y el maíz se redujo respectivamente 47, 59 y 61 por ciento entre 1970 y 2000.

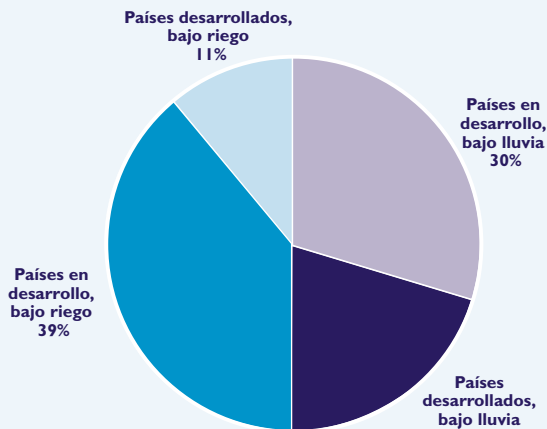
En esta alternativa sin cambios, el aumento de la producción que se registrará entre 1995 y 2025 corresponderá en partes aproximadamente iguales a la producción bajo riego y la producción bajo lluvia (Figura 8). Es posible que algunos observadores se sorprendan al ver el alto aporte a la producción por parte de las áreas cultivadas bajo lluvia. Pero lo cierto es que más de un 80 por ciento de las áreas cerealeras de los países desarrollados se cultiva bajo lluvia, y gran parte de estas áreas son excelentes tierras para la producción de maíz y trigo. El rendimiento promedio de los cereales cultivados bajo lluvia en los países desarrollados fue de 3,2 toneladas por hectárea en 1995, un nivel prácticamente tan alto como el de los cereales bajo riego en los países en desarrollo, y se ha proyectado que esta cifra aumentará a 4,0 toneladas por hectárea en 2025. Más aún, si bien se ha proyectado que hacia 2025 el rendimiento de los cereales cultivados bajo lluvia aumentará solamente de 1,5 a 2,1 toneladas por hectárea, las áreas bajo lluvia de los países en desarrollo representarán un 62 por ciento del área cerealera total de dichos países (Figura 9).

**Figura 7 Rendimiento relativo de los cereales por región, 1995 y 2025**



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
 NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

**Figura 8 Participación de la producción bajo riego y la producción bajo lluvia en el aumento de la producción de cereales, 1995 y 2025**



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
 NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.



Al reemplazar las importaciones de cereales y otros alimentos por productos agrícolas cultivados bajo riego (es decir importaciones de agua virtual), los países pueden de hecho reducir su uso de agua en la agricultura.<sup>8</sup> En la alternativa sin cambios, los países en desarrollo aumentarán dramáticamente su dependencia de las importaciones de alimentos, de 107 a 245 millones de toneladas entre 1995 y 2025. El aumento de las importaciones de cereales por parte de los países en desarrollo, 138 millones de toneladas entre 1995 y 2025, equivale a un ahorro de 147 km<sup>3</sup> de agua a los niveles de productividad del agua de 2025, o sea un 8 por ciento del consumo total de agua y un 12 por ciento del consumo de agua de riego de los países en desarrollo en 2025. El ahorro de agua (y tierra) a partir del fuerte aumento proyectado de las importaciones de alimentos por parte de los países en desarrollo es especialmente beneficioso

si resulta de un fuerte crecimiento económico que genere las divisas necesarias para pagar dichas importaciones. Pero aun cuando el rápido crecimiento de las importaciones de alimentos sea primordialmente resultado de un rápido crecimiento del ingreso, las autoridades nacionales, preocupadas por la fuerte dependencia respecto de los mercados mundiales, con frecuencia lo consideran como una señal de que se deben establecer restricciones comerciales, que en el largo plazo pueden lentificar el crecimiento y reducir la seguridad alimentaria. Los problemas en materia de seguridad alimentaria son más graves cuando las elevadas importaciones de alimentos son resultado de un lento desarrollo agrícola y económico, que no logra ajustarse a la demanda de alimentos básicos que genera el crecimiento de la población y los ingresos. En estas condiciones, es posible que a los países les resulte imposible financiar en forma

continuada las importaciones requeridas, lo que deteriorará aún más su capacidad para salvar la brecha entre el consumo de alimentos y los alimentos necesarios para un sustento básico.

Los puntos críticos en cuanto se refiere a estas brechas del comercio de alimentos los constituyen el África subsahariana, donde se proyecta que hacia 2025 las importaciones de cereales se habrán triplicado, a 35 millones de toneladas, y la región del oeste de Asia y norte de África, donde se han proyectado aumentos de las importaciones de cereales de 38 millones de toneladas en 1995 a 83 millones de toneladas en 2025. Que el oeste de Asia y el norte de África confíen en el ahorro de agua que pueden brindarle las importaciones de cereales tiene sentido desde el punto de vista económico y ambiental, pero tal actitud debe ser respaldada con un crecimiento no agrícola más rápido. Es muy poco probable que el África subsahariana pueda financiar internamente el nivel de importaciones proyectado; por el contrario, para ello necesitaría asistencia financiera o alimentaria. Si no se pudiera financiar dichas importaciones, aumentarían aún más la inseguridad alimentaria y las presiones sobre los recursos hídricos de la región.

Figura 9 Rendimiento de los cereales bajo riego y bajo lluvia por región, 1995 y 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

NOTA: Las proyecciones para 2025 corresponden a la alternativa sin cambios.

## Alternativa con crisis del agua

Un moderado agravamiento de muchas de las tendencias que registran actualmente las políticas y las inversiones en agua y alimentos podría convertirse en una verdadera crisis del agua. En esta alternativa con crisis del agua, se agudizan los problemas presupuestarios de los gobiernos. Las autoridades restringen aún más sus gastos en sistemas de riego y aceleran el proceso de transferencia de los sistemas de riego a productores y grupos de productores, pero sin las reformas necesarias de los derechos sobre el agua. Los intentos por financiar el funcionamiento y el mantenimiento del principal sistema hídrico, todavía en manos de dependencias públicas, hacen que aumente el precio del agua para quienes utilizan sistemas de riego. Los usuarios luchan contra los aumentos de precio y este conflicto tiene efectos negativos sobre los acuerdos locales de administración y participación en los costos. El gasto destinado al funcionamiento y el mantenimiento de sistemas secundarios y terciarios cae radicalmente, y el deterioro de la infraestructura, unido a la mala administración, lleva a una disminución de la eficiencia en el uso del agua. De la misma manera, también fracasan los intentos por coordinar el manejo del agua por parte de las organizaciones de las cuencas fluviales, debido a la insuficiencia de fondos y a los altos niveles de conflicto entre los distintos participantes dentro de la cuenca.

Los gobiernos nacionales y los donantes internacionales reducen sus inversiones en el desarrollo de nuevas variedades de cultivos para la agricultura bajo lluvia en los países en desarrollo, especialmente para cultivos básicos tales como arroz, trigo, maíz, otros granos gruesos, patatas, yuca, batata y boniato. Las investigaciones agrícolas privadas no logran colmar la falta de inversiones para estos productos. Esta pérdida de fondos para la investigación llevará a una mayor caída del crecimiento de la productividad en las áreas de agricultura bajo lluvia, en especial en las zonas más marginales. Con el anhelo de mejorar sus ingresos, la gente se volcará hacia la agricultura de tala y quema, con lo que se deforestarán las vertientes superiores de muchas cuencas. Aumentarán la erosión y la carga de sedimentos en los ríos, lo que a su vez generará una tasa de sedimentación más rápida en los almacenamientos de reserva. La gente invadirá cada vez más los humedales en busca de tierra y agua, y ello comprometerá la integridad y la salud de los ecosistemas acuáticos. Se reducirá el volumen de agua reservado para propósitos ambientales por la falta de reglamentaciones y el aumento de la extracción ilegal.

El costo de la construcción de nuevas represas aumentará enormemente, lo que desalentará la realización de nuevas inversiones en muchos lugares propuestos como sede de represas. En otros lugares, grupos indígenas y organizaciones no gubernamentales manifestarán su oposición, con frecuencia violenta, contra el impacto de las nuevas represas sobre el medio ambiente y el ser humano. Estas protestas, unidas a los altos costos, detendrán prácticamente toda nueva inversión en represas y reservas de almacenamiento de mediano y gran tamaño. Las reservas netas decaerán en los países en desarrollo y se mantendrán constantes en los países desarrollados.

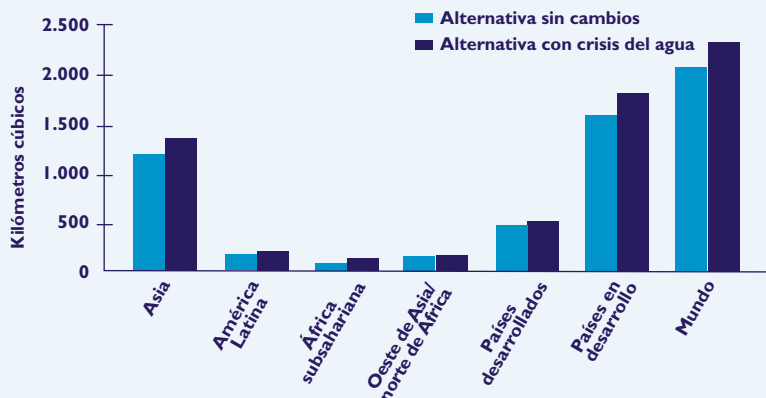
En un intento por obtener agua suficiente para sus cultivos, los agricultores extraerán cada vez mayores volúmenes de agua subterránea durante algunos años, lo que hará descender las cotas de agua. Pero debido al bombeo excesivo, a partir de 2010 acuíferos clave del norte de China, el norte y noroeste de la India, y el oeste de Asia y norte de África comenzarán a fallar. Al descender las cotas, a los productores les resultará excesivo el costo de la extracción de agua, y una fuerte caída de la extracción de agua subterránea en dichas regiones reducirá aún más la disponibilidad de agua para todos los usos.

Como en el caso de la alternativa sin cambios, el rápido aumento de las poblaciones urbanas hará que se incremente rápidamente la demanda de agua para uso doméstico. Pero los gobiernos no contarán con fondos para ampliar los servicios de agua por cañería y saneamiento a los recién llegados. La respuesta de los gobiernos consistirá en privatizar los servicios urbanos de agua y saneamiento, en forma apresurada y con mala planificación. Las nuevas compañías privadas de agua y saneamiento tendrán baja disponibilidad de capital y poco será lo que podrán hacer para conectar poblaciones adicionales al agua por cañería. Grupos y porcentajes cada vez mayores de la población urbana se verán forzados a comprar agua a un alto precio a los distribuidores o deberán dedicar muchas horas a conseguir agua — generalmente sucia— de pozos y columnas de alimentación.

## La situación del agua

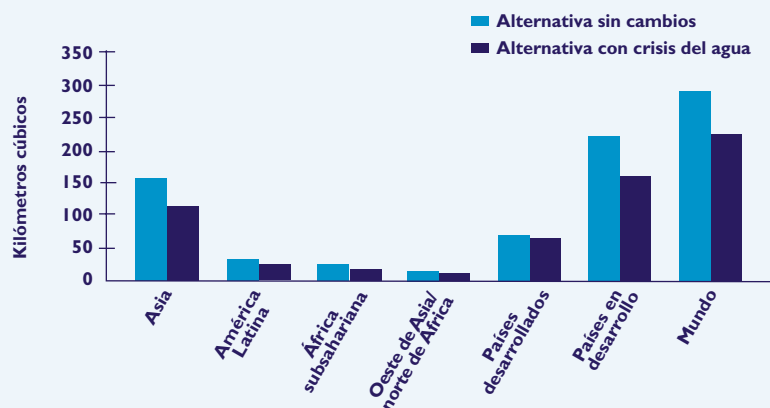
En esta alternativa con crisis del agua, el mayor costo lo pagará el mundo en desarrollo. Hacia 2025, el consumo total mundial de agua será 26 l km<sup>3</sup> más alto que en la alternativa sin cambios —esto es, un aumento del 13 por ciento— pero gran parte de los recursos hídricos será desaprovechada y no le brindará beneficios a nadie (Figura 10). Prácticamente todo el aumento se destinará al riego, fundamentalmente debido a que los

**Figura 10 Consumo total de agua por región, alternativa sin cambios y alternativa con crisis del agua, 2025**



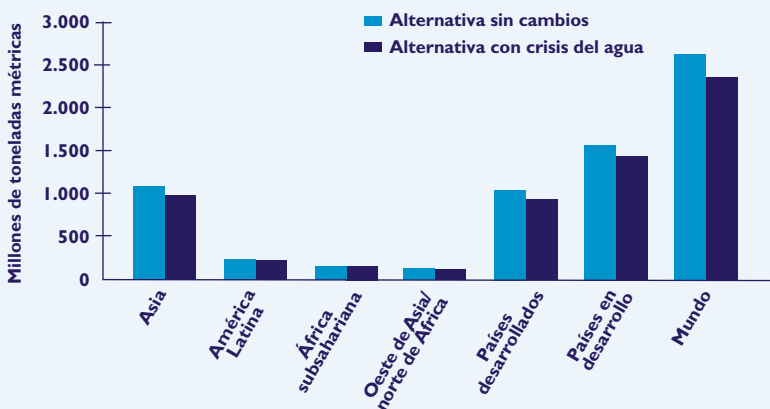
FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

**Figura 11 Consumo doméstico de agua por región, alternativa sin cambios y alternativa con crisis del agua, 2025**



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

**Figura 12 Producción total de cereales por región, alternativa sin cambios y alternativa con crisis del agua, 2025**



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

granjeros utilizarán el agua de forma menos eficiente y extraerán más volumen para compensar las pérdidas. La oferta de agua de riego será menos confiable, salvo en las regiones donde es tan alto el volumen que se retrae de los fines ambientales para destinarlo al riego que de alguna forma se compensa la menor eficiencia en el uso del agua.

En la mayoría de las regiones, la demanda per cápita para uso doméstico será significativamente menor que en la alternativa sin cambios, tanto en las áreas rurales como en las áreas urbanas. En consecuencia, la gente no tendrá acceso al agua que necesita para beber y para su higiene. La demanda doméstica total en la alternativa con crisis del agua será de 162 km<sup>3</sup> en los países en desarrollo, 28 por ciento menos que en la alternativa sin cambios; 64 km<sup>3</sup> en los países desarrollados, 7 por ciento menos que en la alternativa sin cambios; y 226 km<sup>3</sup> si tomamos en cuenta todo el mundo, lo que equivale a un 23 por ciento menos que en la alternativa sin cambios (Figura 11).

Por su parte, la demanda de agua para fines industriales aumentará, debido al fracaso de las mejoras tecnológicas y las medidas económicas. En 2025, la demanda total de agua industrial del mundo será 80 km<sup>3</sup> más alta que en la alternativa sin cambios —un aumento del 33 por ciento— sin que ello implique una mayor producción industrial.

Frente a la necesidad de cambiar el destino del agua con el fin de compensar la menor eficiencia en su uso, la alternativa con crisis del agua afectará fuertemente a los usos vinculados al medio ambiente. En comparación con la alternativa sin cambios, los caudales ambientales caerán significativamente hacia 2025: 380 km<sup>3</sup> menos en el mundo en desarrollo, 80 km<sup>3</sup> menos en el mundo desarrollado y 460 km<sup>3</sup> menos a escala global.

## La situación de los alimentos

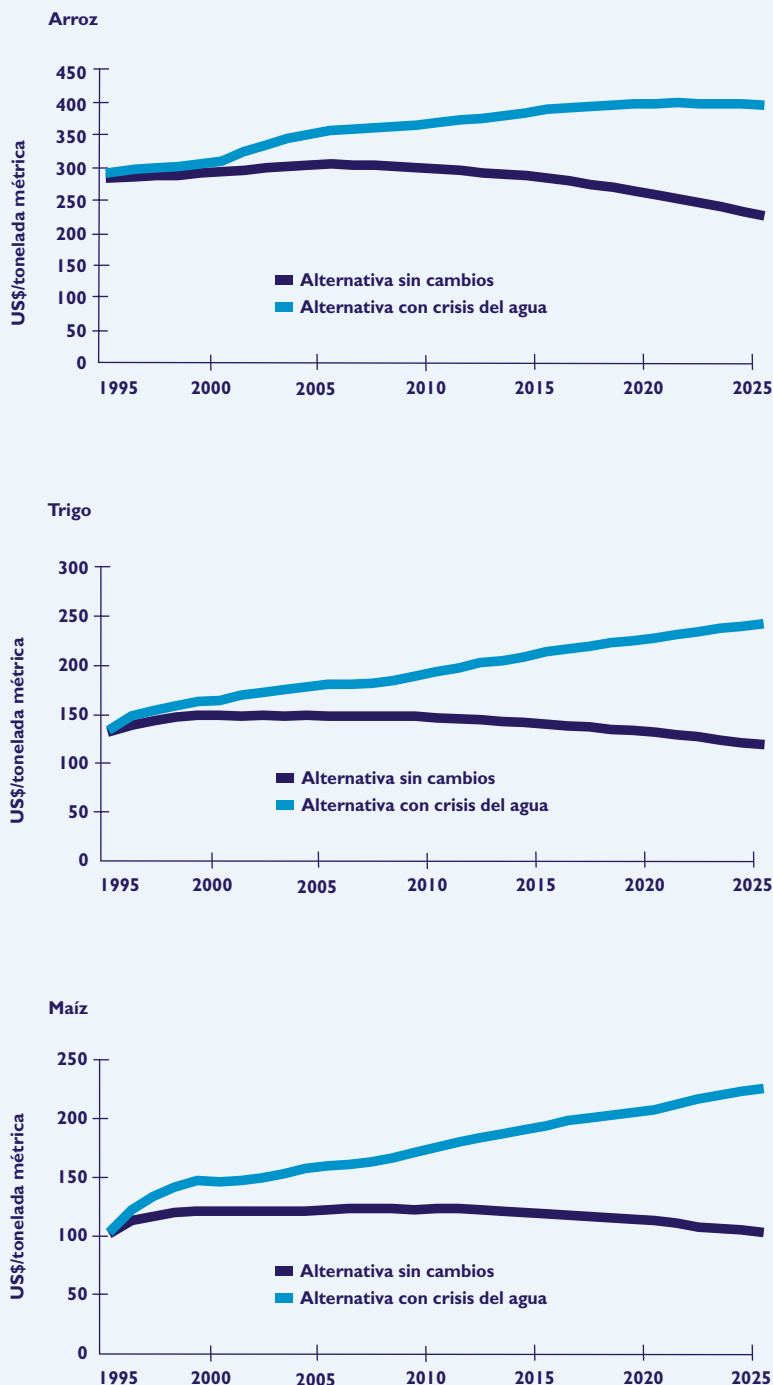
En la alternativa con crisis del agua, la producción de alimentos sufrirá graves consecuencias. Así, por ejemplo, en esta alternativa, la producción total de cereales será 249 millones de toneladas métricas, o un 10 por ciento, menor que en la alternativa sin cambios, como resultado de una reducción tanto en las áreas sembradas como en sus rendimientos (Figura 12). Esta reducción equivale a perder cada año la totalidad de las cosechas de cereales de la India o, en forma conjunta, las cosechas anuales del África subsahariana, el oeste de Asia y el norte de África.

En comparación con la alternativa sin cambios, en la alternativa con crisis del agua el área total de cultivos de cereales es 17,7 millones de hectáreas, o un 3 por ciento, menor en el mundo en desarrollo; 8,9 millones de hectáreas, o un 4 por ciento, menor en el mundo desarrollado; y 26,6 millones de hectáreas, o un 4 por ciento, menor en el mundo.

Los rendimientos caerán tanto en los cultivos bajo riego como en los cultivos bajo lluvia. El rendimiento promedio total de los cereales en 2025 es, en esta alternativa, 216 kilogramos por hectárea, o un 6 por ciento, más bajo que en la alternativa sin cambios. Como la oferta de agua de riego es menos confiable en la alternativa con crisis del agua en la mayoría de las regiones, en 2025 el rendimiento promedio de los cereales bajo riego será menor, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados y, por ende, en el mundo en su conjunto. A escala global, los rendimientos de los cereales bajo riego serán un 4 por ciento más bajos en la alternativa con crisis del agua que en la alternativa sin cambios.

Como los productores no logran cosechar un mayor volumen y los cortes de las investigaciones en cultivos reducen el crecimiento de los rendimientos, los cultivos bajo lluvia rendirán 191 kilo-

Figura 13 Precios mundiales de arroz, trigo y maíz, alternativa sin cambios y alternativa con crisis del agua, 1995-2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

gramos por hectárea menos que en la alternativa sin cambios, es decir una disminución de un 7 por ciento entre 1995 y 2025.

La disminución de la producción de alimentos hará que en la alternativa con crisis del agua se registre un fuerte aumento de los precios de los alimentos (Figura 13): arroz, 40 por ciento; trigo, 80 por ciento; maíz, 120 por ciento; otros granos gruesos, 85 por ciento; soya, 70 por ciento; patatas, boniatos y otras raíces y tubérculos, 50-70 por ciento. En la alternativa con crisis del agua, hacia 2025 los precios de las cosechas son 1,8 veces mayores que en la alternativa sin cambios en el caso del arroz; 1,7 veces para la patata; 1,6 veces para la soya; y más del doble para todos los demás cultivos.

El elevado nivel de estos precios reducirá la demanda de alimentos. En la alternativa con crisis del agua, la demanda de cereales de 2025 será 55 millones de toneladas o un 7 por ciento más baja que en la alternativa sin cambios para el mundo desarrollado, y 192 millones de toneladas o un 11 por ciento más baja para el mundo en desarrollo.

En comparación con la alternativa sin cambios, en la alternativa con crisis del agua se reduce el comercio neto. Los países en desarrollo importarán 58 millones de toneladas, o un 23 por ciento, menos cereales que en la alternativa sin cambios. Esta caída implica que los altos precios reducen la demanda de cosechas, lo que lleva a una reducción del comercio.

El resultado último de esta alternativa es una mayor inseguridad alimentaria, sobre todo en los países en desarrollo. En 2025, el consumo de cereales per cápita en el mundo en desarrollo será un 2 por ciento más bajo que en 1995.

Esta alternativa permite ver claramente que la mayor escasez de agua, unida a las malas políticas en el manejo de este recurso y a un nivel insuficiente de inversiones, puede generar un fuerte aumento de los precios de los cereales en las próximas décadas. La magnitud de los aumentos de los precios hará que el ingreso real de los consumidores pobres se vea muy menguado. Aumentará sustancialmente la desnutrición, dado que las personas más pobres de los países en desarrollo de menores ingresos deberán destinar más de la mitad de sus ingresos a la alimentación. Los fuertes aumentos de precios también propulsarán la inflación, generarán fuertes presiones sobre las reservas de moneda extranjera y tendrán un impacto negativo sobre la estabilidad macroeconómica y las inversiones de los países en desarrollo.

## Alternativa con nivel sostenible de agua

La alternativa con nivel sostenible de agua mejoraría radicalmente el caudal que se destina a usos ambientales, permitiría que todas las familias urbanas se conectaran al agua por cañería y generaría un mayor consumo per cápita para uso doméstico, a la vez que se mantendría la producción de alimentos a los niveles descritos en la alternativa sin cambios. Una cuidadosa reforma del sector hídrico y sólidas políticas del gobierno permitirían acceder a una mayor equidad social y a un más elevado nivel de protección ambiental.

Los gobiernos y las instituciones donantes internacionales aumentarán sus inversiones en investigaciones sobre cultivos, cambios tecnológicos y reformas en el manejo del agua, a los efectos de aumentar la productividad del agua y el crecimiento de los rendimientos de las cosechas en la agricultura bajo lluvia. Cada vez existen más pruebas de que incluso las zonas de agricultura bajo lluvia proclives a las sequías y con altas temperaturas pueden aumentar radicalmente su rendimiento. Las estrategias de búsqueda de nuevas variedades de cultivos estarán, pues, específicamente dirigidas a estas áreas de agricultura bajo lluvia. Mejores políticas y mayores inversiones en infraestructura rural ayudarán a los productores distantes a vincularse a los mercados y reducirán los riesgos de las actividades agrícolas bajo lluvia.

Para estimular la conservación del agua y liberar caudales agrícolas para usos ambientales, domésticos e industriales, aumentará gradualmente el precio efectivo del agua para el sector agrícola. Los aumentos del precio del agua para la agricultura se implementarán a través de programas de incentivos que devengarán ingresos para los productores que ahorren agua, como los esquemas de débito-subsidio que les pagan a los productores por reducir el uso de agua, y a través de la creación, compra y comercialización de derechos al uso de agua. Hacia 2025, el precio del agua para la agricultura habrá aumentado al doble en los países desarrollados y al triple en los países en desarrollo, como en la alternativa sin cambios. A la vez, en muchos países y regiones, el gobierno transferirá los derechos sobre el agua y la responsabilidad por el funcionamiento y la administración de los sistemas de riego a las comunidades y a asociaciones de usuarios. La transferencia de los derechos y los sistemas se verá facilitada por un mejor marco legal e institucional que impedirá y eliminará los conflictos y estará en condiciones de prestar capacitación y apoyo técnico y organizativo. En conse-



cuencia, los productores aumentarán las inversiones en riego y tecnología para el manejo del agua en sus predios, con lo que mejorará significativamente la eficiencia de los sistemas de riego y el uso del agua de las cuencas.

En muchas cuencas fluviales que sufren de escasez de agua se crearán organizaciones para distribuir el caudal entre los diversos interesados. El aumento de la financiación y la mitigación de los conflictos por el agua resultante del mejor manejo del recurso facilitarán una efectiva participación de los interesados en estas organizaciones.

Los agricultores podrán lograr un uso más eficaz del agua de lluvia en el desarrollo de los cultivos gracias a las mejoras de los sistemas de recolección de agua y la adopción de avanzadas técnicas agrícolas tales como la agricultura de precisión, los surcos en contorno, el nivelado del terreno de precisión y tecnologías sin preparación o con preparación mínima de la tierra. Estas tecnologías aumentarán la proporción del agua de lluvia que se filtra en la tierra y luego se evapotranspira.

Alentados por el rápido aumento del costo de la construcción de nuevas represas y los cada vez más evidentes costos de la reubicación ambiental y humana, los países en desarrollo tanto como los países desarrollados reconsiderarán sus planes de construcción de reservas y realizarán un análisis completo de los costos y beneficios y de los efectos ambientales y sociales de los proyectos propuestos. En consecuencia, se cancelarán muchos de los proyectos de almacenamiento planificados, pero otros seguirán adelante con el apoyo de grupos de la sociedad civil. Con todo, la nueva capacidad de almacenamiento ya no será tan necesaria

en esta alternativa, ya que el rápido crecimiento del rendimiento de los cultivos bajo lluvia contribuirá a reducir las tasas de sedimentación de las reservas, resultantes de la erosión causada por la agricultura de tala y quema.

Habrà un cambio significativo en las políticas que regulan la extracción de agua subterránea. Utilizando enfoques basados en el mercado, los derechos al uso del agua subterránea se basarán en tasas de extracción anuales, en función de las existencias renovables de agua subterránea. Este paso se combinará con reglamentaciones más estrictas y un mejor control del cumplimiento de dichas reglamentaciones. Las extracciones de agua subterránea por encima de la capacidad de recomposición del acuífero se suspenderán gradualmente en los países y las regiones en los que anteriormente se bombeaba agua subterránea de forma no sostenible.

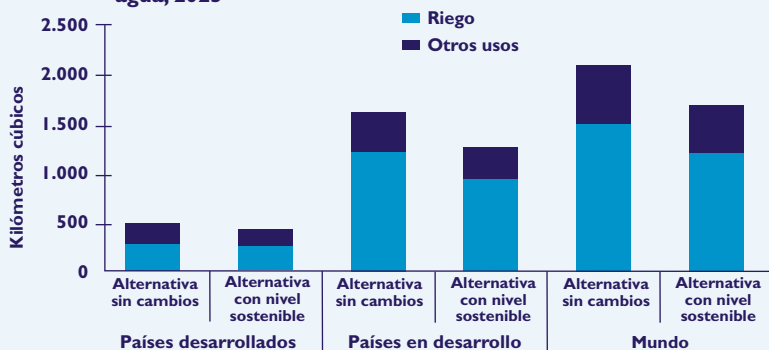
El uso de agua para fines domésticos e industriales también estará sujeto a reformas en términos de su precio y su reglamentación. Se duplicará el precio del agua para los hogares conectados a la cañería, pero se otorgarán subsidios a las familias de bajos ingresos. El producto de los aumentos del precio se invertirá en reducir las pérdidas de agua de los sistemas existentes y en ampliar las tuberías a las viviendas que antes no estaban conectadas. Para el año 2025, todas las viviendas estarán conectadas al sistema. Las industrias responderán a los mayores precios, en especial en los países en desarrollo, con un aumento del reciclaje del agua en las plantas, lo que reducirá su consumo.

Frente a las fuertes presiones de la sociedad en procura de una mayor calidad ambiental, aumentará la asignación de agua para usos ambientales. Más aún, las reformas en los sectores del agua agrícola y no agrícola reducirán la presión sobre los humedales y otros usos ambientales del agua. Las mayores inversiones y el mejor manejo del agua mejorarán la eficiencia en su uso, lo que dejará un mayor volumen en los cursos de agua para fines ambientales. Todas las reducciones del uso doméstico y urbano resultantes de los mayores precios se asignarán a usos ambientales en el propio curso de agua.

### La situación del agua

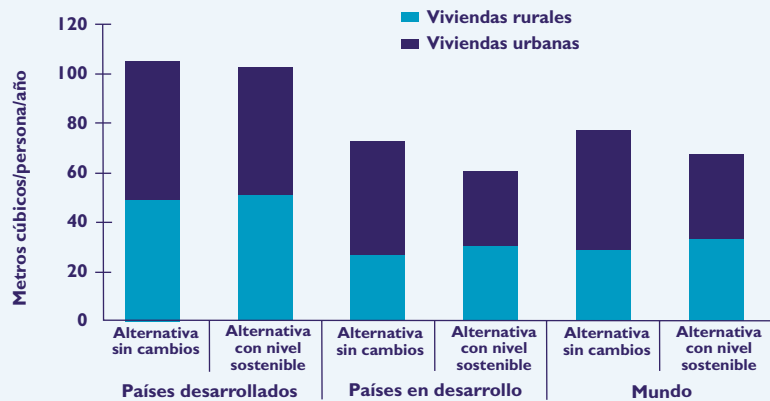
En la alternativa con nivel sostenible de agua, el mundo consume menos agua pero logra mayores beneficios que en la alternativa sin cambios, en especial en los

**Figura 14** Consumo total de agua y consumo de agua de riego por región, alternativa sin cambios y alternativa con nivel sustentable de agua, 2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

**Figura 15 Consumo potencial per cápita de agua para uso doméstico por parte de viviendas rurales y urbanas conectadas, alternativa sin cambios y alternativa con nivel sostenible, 2025**



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

países en desarrollo. En 2025 el consumo mundial de agua será 408 km<sup>3</sup>, o un 20 por ciento, más bajo que en la alternativa sin cambios (Figura 14). Esta reducción del consumo libera agua para fines ambientales. Los mayores precios del agua y la mayor eficiencia en el uso del recurso generan una reducción del consumo de agua de riego de 296 km<sup>3</sup> en comparación con la alternativa sin cambios. En la alternativa con nivel sostenible se reduce ligeramente la confiabilidad de la oferta de agua de riego en comparación con la alternativa sin cambios, porque en esta alternativa se asigna mayor prioridad a los caudales para fines ambientales. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, el uso más eficiente del agua de esta alternativa compensa la transferencia de agua al medio ambiente, lo que resulta en una mayor confiabilidad de la oferta de agua de riego en 2025.

Esta alternativa mejora la oferta de agua para uso doméstico, pues ofrece acceso universal al agua por cañería, tanto a viviendas urbanas como rurales. A escala global, la demanda potencial para uso doméstico en la alternativa con nivel sostenible de agua es un 9% menor que en la alternativa sin cambios, debido al mayor precio del agua. Sin embargo, la demanda potencial per cápita de agua para uso doméstico para las viviendas conectadas de las zonas rurales será un 12 por ciento más alta que en la alternativa sin cambios en el mundo en desarrollo, y un 5 por ciento más alta en el mundo desarrollado. Este aumento se logra gracias a la expansión del acceso universal al

agua por cañería en las zonas rurales, a pesar del mayor precio. Por su parte, en las áreas urbanas, el consumo potencial per cápita en las viviendas pobres mejora sustancialmente gracias a la conexión al agua por cañería, en tanto las viviendas que inicialmente ya estaban conectadas reducirán su consumo en respuesta a los mayores precios y a las mejores tecnologías para el ahorro de agua (Figura 15).

Por medio de mejoras tecnológicas e incentivos económicos eficaces, la alternativa con nivel sostenible de agua reducirá la demanda de agua industrial. En la alternativa con nivel sostenible de agua, en 2025 la demanda total de agua para uso industrial de todo el mundo será 85 km<sup>3</sup>, o un 35 por ciento, más baja que en la alternativa sin cambios.

El medio ambiente es un importante beneficiario de la alternativa con nivel sostenible de agua, con fuertes incrementos en los caudales reservados para humedales, cursos de agua y otros fines ambientales. En comparación con la alternativa sin cambios, la alternativa con nivel sostenible de agua resultará en un aumento de los caudales ambientales de 850 km<sup>3</sup> en el mundo en desarrollo, 180 km<sup>3</sup> en el mundo desarrollado, y 1.030 km<sup>3</sup> a escala global. Esto equivale a transferir a fines ambientales un 22 por ciento de las extracciones globales de agua de la alternativa sin cambios.

### La situación de los alimentos

La alternativa con nivel sostenible de agua puede aumentar ligeramente la producción de alimentos por encima de su nivel en la alternativa sin cambios, y logra a la vez ganancias mucho mayores en términos de uso del agua para fines domésticos y ambientales.

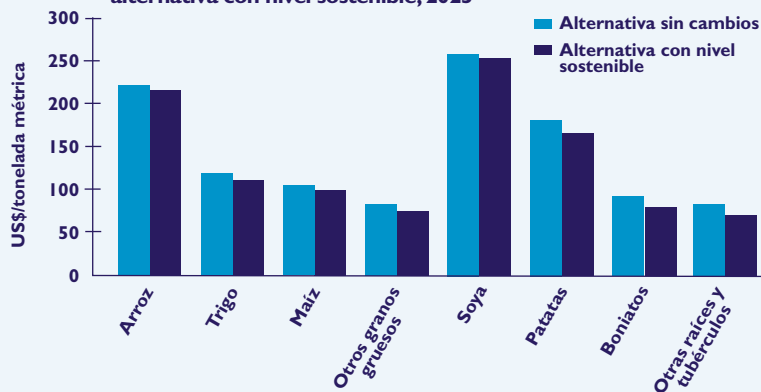
En 2025, la superficie total cultivada de la alternativa con nivel sostenible de agua será ligeramente inferior a la de la alternativa sin cambios, debido al menor volumen de agua de riego y a los precios apenas algo más bajos de las cosechas. Como la oferta de agua de riego será menos confiable con respecto a la de la alternativa sin cambios, para el año 2025 el rendimiento de los cereales bajo riego será un 2 por ciento más bajo en el mundo en su conjunto. Por otra parte, los rendimientos globales bajo lluvia

en la alternativa con nivel sostenible de agua serán un 7 por ciento mayores que en la alternativa sin cambios, debido al incremento de las inversiones en investigaciones agrícolas y a la mayor mejora de las cosechas bajo lluvia. Como el crecimiento más rápido de los rendimientos bajo lluvia compensa el crecimiento más lento de las áreas y rendimientos de los cultivos bajo riego, la producción cerealera total del año 2025 será 19 millones de toneladas, o un 1 por ciento, mayor en la alternativa con nivel sostenible de agua que en la alternativa sin cambios. Los precios de las cosechas en esta alternativa se reducirán lentamente entre 1995 y 2025, salvo por ligeros aumentos del precio del maíz y la soya debido a la fuerte demanda de forraje para el ganado (Figura 16).

Como en la alternativa con crisis del agua, en la alternativa con nivel sostenible el comercio neto será inferior que en la alternativa sin cambios, con una reducción de 14 millones de toneladas de las importaciones de cereales del mundo en desarrollo, equivalente a un 6 por ciento. Esta disminución refleja las diferentes tasas de ajuste de la producción de alimentos entre los países importadores y los países exportadores de alimentos. En la alternativa con nivel sostenible de agua, la producción de cereales es 10 millones de toneladas inferior en los países desarrollados y 29 millones de toneladas superior en los países en desarrollo, en comparación a la alternativa sin cambios.

En la alternativa con nivel sostenible de agua se ve que las mejores políticas para el agua, el aumento de las inversiones, el mejor manejo y las mejores tecnologías para las cosechas de cereales bajo lluvia hacen que se pueda mantener el crecimiento de la producción de alimentos a la vez que se logra acceso universal al agua por cañería y un aumento radical de los caudales ambientales. En comparación con la alternativa con crisis del agua, el aumento de los caudales ambientales en la alternativa con nivel sostenible es de aproximadamente 1.490 km<sup>3</sup>, equivalente a cinco veces el caudal anual del río Mississippi, 20 veces el caudal anual del río Amarillo y 4 veces el caudal anual del Ganges.

**Figura 16 Precios mundiales de los alimentos, alternativa sin cambios y alternativa con nivel sostenible, 2025**



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.



# Consecuencias de la modificación de las políticas clave

**S**i las autoridades no implementaran un cambio holístico en las políticas y las inversiones en el agua y se limitaran a cambiar ciertos elementos clave, ¿se obtendrían beneficios sustanciales? A continuación analizamos lo que ocurriría si las autoridades y los usuarios de agua aumentaran los precios, se volcaran a un uso sostenible del agua subterránea o explotaran mejor el potencial de la agricultura bajo lluvia.

## Aumento de los precios del agua

Existen diversos motivos por los que parece sensato aumentar los precios del agua. Un precio elevado no solo alentará a todos los usuarios a hacer un uso más eficiente del agua, sino que también generaría fondos para mantener la infraestructura existente y construir nueva infraestructura para el agua. Sin embargo, debido a la percepción de riesgos políticos y a la preocupación por los efectos de los mayores precios sobre los productores y consumidores pobres, pocos han sido los intentos por implementar mayores precios del agua. De hecho, en la mayoría de los casos los pobres ya se ven afectados por los actuales precios subsidiados del agua, ya que en la mayor parte de los países estos subsidios benefician desproporcionadamente a los más pudientes: los usuarios urbanos que están conectados al sistema público y los productores agrícolas que usan sistemas de riego.

Una estructura bien diseñada de aumentos para el precio del agua puede crear incentivos para que la gente use el agua de forma más eficiente y permitirá recuperar al menos los costos de funcionamiento y mantenimiento a la vez que se protegerán e incluso se aumentarán los ingresos de los productores. Pero ¿será posible que estos aumentos de precio ahorren significativos caudales que puedan permanecer en los cursos de agua con fines ambientales sin reducir la producción de alimentos?

Para responder a este interrogante analizamos dos alternativas con mayor precio del agua. En la primera se implementan mayores precios, pero se mantiene la eficiencia en el uso del recurso como en la alternativa sin cambios. La segunda alternativa supone mayores precios, pero también supone que los mayores precios del agua inducen una mejor eficiencia en las cuencas, por medio de un mejor manejo del agua en los cultivos e inversiones en nueva tecnología de riego en comparación con la alternativa sin

cambios. En ambos casos se supone que el precio del agua para fines agrícolas, industriales y familias conectadas al sistema público aumenta gradualmente durante el período 2000-2025. En el año 2025 los precios del agua para fines industriales son 1,75 veces mayores que los precios de la alternativa sin cambios en los países desarrollados, y 2,25 veces más altos en los países en desarrollo. En cuanto al agua para fines domésticos, los precios son 1,5 veces mayores en los países desarrollados y 2,0 veces mayores en los países en desarrollo. Los precios del agua para la agricultura se duplican para 2025 en los países desarrollados y se triplican en los países en desarrollo en comparación con sus niveles en la alternativa sin cambios.

Las alternativas de mayores precios resultan en una reducción de las extracciones de agua de 839 km<sup>3</sup> (18 por ciento) y una disminución del consumo total de 287 km<sup>3</sup> (14 por ciento) en comparación con la alternativa sin cambios, donde más de la mitad de dicha reducción corresponde a los países en desarrollo. Las extracciones y el consumo son iguales en ambas alternativas; la mayor eficiencia influye sobre la proporción de las extracciones y el consumo que se utiliza de manera beneficiosa. El impacto sobre la extracción de agua es aún mayor en algunas regiones, con reducciones de más de un 20 por ciento en China, el sudeste de Asia, América Latina, el oeste de Asia y norte de África, y de entre un 14 y un 20 por ciento en otros países y regiones. La disminución de las extracciones y el consumo representa, por tanto, un importante beneficio para el medio ambiente y aumenta radicalmente los caudales ambientales.

La demanda de agua para todos los usos excluyendo el riego —esto es para actividades industriales, domésticas y ganaderas— se reduce fuertemente en las alternativas de mayores precios en comparación con sus niveles en la alternativa sin cambios. El consumo total de agua excluyendo el

riego cae de 599 km<sup>3</sup> en la alternativa sin cambios a 449 km<sup>3</sup> a escala global, de 395 km<sup>3</sup> a 285 km<sup>3</sup> en los países en desarrollo, y de 204 km<sup>3</sup> a 164 km<sup>3</sup> en los países desarrollados. Las extracciones de agua con tales fines también se reducen significativamente.

El consumo total de agua de riego en ambas alternativas de mayores precios, con o sin mayor eficiencia, es cerca de 100 km<sup>3</sup> inferior que en la alternativa sin cambios. Sin embargo, como el uso del agua es más eficiente en la alternativa con mayor precio y mayor eficiencia, una mayor parte del agua de riego es consumida beneficiosamente por los cultivos. En comparación con la alternativa sin cambios, en la alternativa con mayor precio la producción de cereales se reduce aproximadamente un 5 por ciento, pero en la alternativa con mayor precio y mayor eficiencia el cambio en la producción de cereales es insignificante.

Al declinar la producción en la alternativa con mayor precio, aumentarán los precios mundiales de los alimentos, con un mayor aumento para el arroz (10 por ciento) y aumentos de un 4-8 por ciento en los demás cereales. Sin embargo, cuando los precios del agua inducen una mayor eficiencia en las cuencas, los precios de los alimentos se mantienen incambiables o incluso bajan (Figura 17).

Estos resultados muestran que los mayores precios del agua para la industria, las familias y la agricultura resultarían en grandes ahorros de agua, que podrán ser aplicados a fines ambientales. Lograr un uso más eficiente del agua simultáneamente al aumento de los precios será crucial para el mantenimiento y el

aumento de la confiabilidad de la oferta de agua de riego y la producción de alimentos en comparación con la alternativa sin cambios.

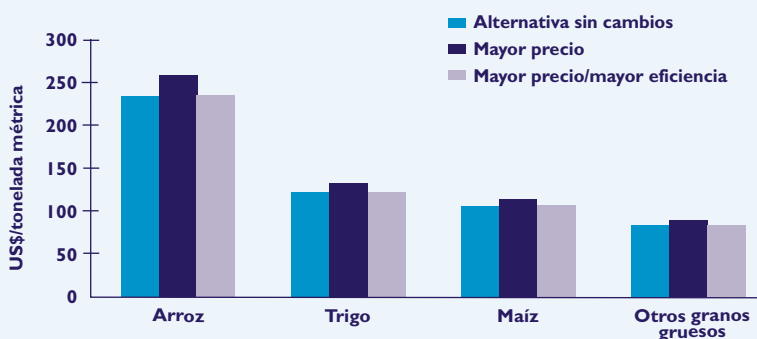
## Vuelco hacia el uso sostenible del agua subterránea

En un cierto número de cuencas y países se está bombeando agua subterránea a un ritmo que supera las tasas de recarga natural. Esto incluye las cuencas de los ríos Grande y Colorado en el oeste de los Estados Unidos, las cuencas de los ríos Amarillo y Haihe en el norte de China, y varias cuencas fluviales en el norte y oeste de la India, Egipto, y el oeste Asia y norte de África. ¿Qué ocurriría con el agua y los alimentos si estas regiones abandonaran este nivel excesivo de extracción y se volcaran hacia un uso sostenible del recurso hídrico?

La alternativa con bajo nivel de bombeo de agua subterránea supone que todos los países y regiones suspenderán gradualmente las extracciones excesivas de agua subterránea durante los próximos 25 años. Las áreas con acuíferos más abundantes aumentarán su bombeo casi tanto como en la alternativa sin cambios. El bombeo total global de agua subterránea se reducirá a 753 km<sup>3</sup> en 2021–25, lo que equivale a una disminución de 817 km<sup>3</sup> con respecto al año 1995 y a una disminución de 922 km<sup>3</sup> con respecto al nivel proyectado para 2025 en la alternativa sin cambios. En comparación con la alternativa sin cambios, el consumo global se reducirá un 5,6 por ciento en el riego, 0,5 por ciento en la ganadería, 0,1 por ciento entre las familias y 0,1 por ciento en el sector industrial, todo ello principalmente en los países en desarrollo. En los demás sectores no ocurrirá virtualmente ningún cambio en el consumo.

En la alternativa con bajo nivel de bombeo de agua subterránea, en 2021–25 la superficie total de los cultivos de cereales será 730.000 hectáreas menos que en la alternativa sin cambios. Si bien aumentará el área de cultivos bajo lluvia, este aumento no será suficiente para compensar la fuerte caída de las áreas bajo riego. La mayor parte del cambio de la superficie bajo riego corresponderá a los países en desarrollo, y en especial a China. En la mayoría de las regiones, los rendimientos

**Figura 17 Precios mundiales de los cereales, alternativa sin cambios y a lternativas con aumento de precio del agua, 2021-2025**



**FUENTE:** Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

de los cereales bajo riego caerán y los rendimientos de los cereales bajo lluvia registrarán un leve aumento.

La producción total de cereales se reducirá en un promedio anual de 18 millones de toneladas con respecto a las proyecciones de la alternativa sin cambios en el período 2021–25. La disminución de la producción de cereales bajo riego generará aumentos de precios que estimularán el aumento de la producción bajo lluvia; pero, una vez más, este aumento no será suficiente para superar la reducción de la producción de cereales bajo riego. En comparación con la alternativa sin cambios, para la alternativa con bajo nivel de extracción de agua subterránea se proyecta que los precios de los cultivos serán un 5–10 por ciento más altos en 2021–25. Si bien en la alternativa de menor bombeo de agua subterránea la producción total de cereales de los países en desarrollo se reducirá en comparación con la alternativa sin cambios en 2021–25, los aumentos de precio de hecho harán que los productores de los países desarrollados produzcan más cereales, lo que llevará a un incremento general de la producción cerealera en comparación con la alternativa sin cambios.

Así pues, no debe sorprendernos que para la alternativa con bajo bombeo de agua subterránea se proyecte que las mayores caídas de la producción de cereales estarán concentradas en las cuencas que actualmente realizan una extracción excesiva, en especial China y la India. En consecuencia, el mundo en desarrollo en su conjunto aumentará sus importaciones netas, con importantes aumentos concentrados en China y la India, y los países desarrollados aumentarán sus exportaciones netas.

Esta insatisfacción de la demanda a nivel de los países y estos aumentos de las importaciones podrían ser graves, pero pueden también ser una valiosa compensación por la restauración de la oferta sostenible de agua subterránea. Lo que es más importante, los países deben combinar una suspensión gradual de la excesiva extracción de agua subterránea con políticas destinadas a mitigar los impactos sobre las regiones involucradas, a los efectos de mantener el crecimiento de los ingresos. Los países podrían aumentar sus inversiones en investigaciones agrícolas y, especialmente en las cuencas fluviales más afectadas, hacer inversiones e implementar reformas en las políticas con el fin de aumentar la eficiencia y alentar un vuelco de los cereales cultivados bajo riego a cultivos que ofrezcan más valor por unidad de agua.

## Aprovechamiento del potencial de la agricultura bajo lluvia

Un crecimiento más rápido de la producción de cereales bajo lluvia —generado a partir de un crecimiento del rendimiento y el área de los cultivos de cereales por medio de investigaciones y tecnología o a partir de mayores cosechas bajo lluvia—, ¿podría compensar el efecto de la significativa reducción de las inversiones en riego y oferta de agua en comparación con la alternativa sin cambios? Analizamos estas preguntas en dos alternativas diferentes.

Una primera alternativa con baja inversión supone que la eficiencia de la cuenca no aumentará por encima de sus niveles de 1995, que la tasa de crecimiento del área potencial bajo riego será aproximadamente un tercio de la tasa de la alternativa sin cambios, que el incremento de los almacenamientos de reserva será un 40 por ciento del proyectado en la alternativa sin cambios y que el aumento de las extracciones máximas permitidas de agua serán un 30 por ciento de dichas proyecciones. Esta caída de las inversiones en infraestructura y manejo restringe gravemente el crecimiento de la producción de alimentos, genera una caída anual de la producción de cereales bajo riego de 120 millones de toneladas (11 por ciento) en 2021–25 y hace que el precio de los cereales aumente un 25–35 por ciento.

Luego estimamos los aumentos del área y el rendimiento de los cultivos bajo lluvia que son necesarios para compensar la reducción de la producción bajo riego y mantener esencialmente los mismos precios en el mercado internacional. En la agricultura bajo lluvia, asignamos un mayor aumento al rendimiento que al área (debido al limitado potencial de la ampliación de las áreas) y asignamos un mayor incremento a las cuencas, países o regiones donde el riego tiene mayores efectos.

En esta alternativa, el precio internacional se mantiene aproximadamente al mismo nivel que en la alternativa sin cambios para todos los cultivos de cereales con excepción del arroz. Resultó imposible compensar totalmente la pérdida de producción de arroz, a la que corresponde una elevada proporción del área bajo riego.

En comparación con la alternativa sin cambios, esta alternativa resulta en una reducción del consumo global de agua de riego de 240 km<sup>3</sup>, o un 16 por ciento, y en una disminución de la producción de cereales bajo riego de 153 millones de toneladas. Sin

embargo, la superficie bajo lluvia aumenta en 10 millones de hectáreas, principalmente en los países en desarrollo. Los rendimientos bajo lluvia aumentan un 11 por ciento y la producción bajo lluvia aumenta 187 millones de toneladas en comparación con la alternativa sin cambios. La proporción de cereales que se produce bajo lluvia aumentará significativamente: un 62 por ciento a nivel global, un 51 por ciento en los países en desarrollo y un 78 por ciento en los países desarrollados, en comparación con respectivamente 56, 43 y 74 por ciento en la alternativa sin cambios.

La segunda alternativa contempla la posibilidad de aumentar la eficiencia en el uso de las precipitaciones pluviales por medio de recolección de agua, trabajos de preparación de la tierra para su conservación, y agricultura de precisión para contrarrestar la reducción de la producción bajo riego debida a las bajas inversiones en desarrollo del riego y oferta de agua. Entre 1995 y 2025, en las cuencas y países con escasez de agua de lluvia para la agricultura, incluyendo las cuencas fluviales del oeste de los Estados Unidos, el norte y oeste de China, el norte y oeste de la India y los países del oeste de Asia y norte de África, el uso efectivo de las precipitaciones aumenta un 10–15 por ciento por encima de los niveles de 1995. Para otras regiones se proyecta un aumento que varía entre un 5 y un 10 por ciento. Estas tasas corresponden a aumentos del 3 al 5 por ciento en la alternativa sin cambios.

En esta alternativa, los precios mundiales de los cereales (y especialmente el arroz) son más elevados que en la alternativa sin cambios. El aumento pro-

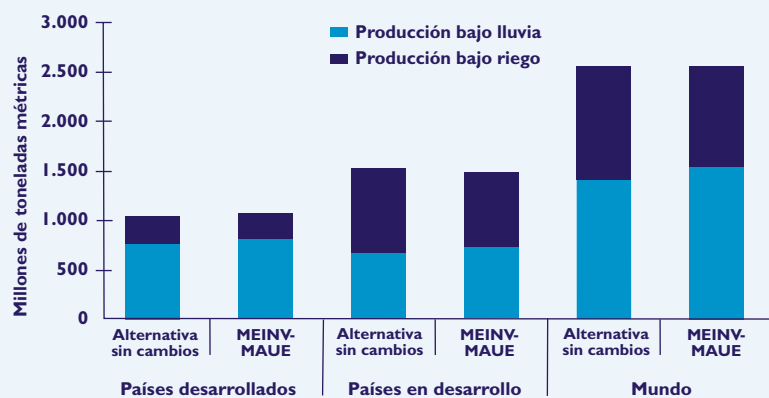
yectado del uso efectivo del agua de lluvia no puede compensar plenamente la reducción del riego. Si bien la producción global de cereales bajo lluvia es 126 millones de toneladas más alta que en la alternativa sin cambios, la producción bajo riego es 131 millones de toneladas más baja (Figura 18). Los países en desarrollo son los más afectados, con una pérdida de 42 millones de toneladas (2,8 por ciento) en la producción total de cereales, lo que genera una reducción de la demanda de 26 millones de toneladas y un aumento de las importaciones de 16 millones de toneladas. Con todo, los resultados muestran considerables beneficios a partir de un mejor manejo que genera una mayor eficacia en el uso de las precipitaciones pluviales.

Estas alternativas muestran que existe una significativa posibilidad de aumentar la producción bajo lluvia para compensar las menores inversiones en riego. Sin embargo, se requerirán inversiones y reformas políticas apropiadas para mejorar el aporte de la agricultura bajo lluvia. En algunas regiones la recolección de agua ofrece la posibilidad de mejorar el rendimiento de los cultivos bajo lluvia. Pero las nuevas variedades de cultivos para entornos bajo lluvia son cruciales para el futuro crecimiento del rendimiento de los cereales. Se han logrado fuertes avances en nuevas variedades con mejores rendimientos en las áreas bajo lluvia, incluso en los entornos menos favorables. La aplicación continuada de técnicas convencionales y los recientes descubrimientos en materia de nuevas variedades por métodos no convencionales ofrecen un considerable potencial para aumentar el crecimiento del rendimiento de los

cereales en los entornos bajo lluvia. Estos avances pueden potenciarse por medio de la ampliación de las investigaciones a los productores y por medio del uso de herramientas derivadas de la biotecnología para ayudar a las técnicas convencionales (Tabla 2).

Los gobiernos deben también combinar las investigaciones sobre cultivos dirigidas a las áreas bajo lluvia con mayores inversiones en infraestructura rural y políticas que puedan colmar la brecha entre los rendimientos potenciales y reales de las áreas bajo lluvia. Las políticas de importancia incluyen asignar una mayor prioridad a las áreas bajo lluvia en los servicios de extensión agrícola y brindar acceso a mercados, crédito e insumos.

**Figura 18** Producción de cereales bajo lluvia y bajo riego, alternativa sin cambios y alternativa con menor inversión en riego y mayor eficiencia bajo lluvia, 2021-2025



FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.  
 NOTA: MEINV-MAUE significa MEnor INVersión en riego y MAyor Uso Efectivo de la lluvia.

**Tabla 2 Rendimiento de cereales bajo lluvia y bajo riego por región para tres alternativas: alternativa sin cambios, menor inversión en riego y mayor área y rendimiento bajo lluvia, y menor inversión en riego y mayor uso efectivo de la lluvia, 2021-25**

REGIÓN	Rendimiento bajo lluvia (toneladas métricas/hectárea)			Rendimiento bajo riego (toneladas métricas/hectárea)		
	ASC	MEINV-MAAR	MEINV-MAUE	ASC	MEINV-MAAR	MEINV-MAUE
<b>Asia</b>	<b>2,46</b>	<b>2,96</b>	<b>2,49</b>	<b>4,50</b>	<b>4,05</b>	<b>4,13</b>
<b>América Latina</b>	<b>2,92</b>	<b>3,13</b>	<b>3,08</b>	<b>5,46</b>	<b>4,85</b>	<b>4,92</b>
<b>África subsahariana</b>	<b>1,19</b>	<b>1,22</b>	<b>1,30</b>	<b>3,08</b>	<b>2,95</b>	<b>2,99</b>
<b>Oeste de Asia/norte de África</b>	<b>1,75</b>	<b>1,93</b>	<b>1,89</b>	<b>4,86</b>	<b>4,55</b>	<b>4,61</b>
<b>Países desarrollados</b>	<b>3,89</b>	<b>4,24</b>	<b>3,95</b>	<b>5,97</b>	<b>5,54</b>	<b>5,59</b>
<b>Países en desarrollo</b>	<b>2,08</b>	<b>2,36</b>	<b>2,18</b>	<b>4,53</b>	<b>4,09</b>	<b>4,16</b>
<b>Mundo</b>	<b>2,77</b>	<b>3,07</b>	<b>2,86</b>	<b>4,80</b>	<b>4,37</b>	<b>4,43</b>

FUENTE: Estimaciones de los autores y proyecciones del modelo IMPACT-WATER, junio de 2002.

NOTA: ASC significa Alternativa Sin Cambios; MEINV-MAAR significa MEnor INVersión en riego y MAyor Área y Rendimiento bajo lluvia; MEINV-MAUE significa MEnor INVersión en riego y MAyor Uso Efectivo de la lluvia.

# Repercusiones para el futuro

**S**i se sigue debilitando el compromiso de los gobiernos nacionales, las organizaciones donantes internacionales y los bancos de desarrollo en materia de políticas e inversiones, cada vez será peor la escasez de agua. La alternativa con crisis del agua —basada en el agravamiento de un cierto número de tendencias que ya son hoy evidentes— llevaría a una crisis del servicio de agua doméstica para centenas de millones de personas, devastadoras pérdidas de humedales, graves disminuciones en la producción de alimentos, y vertiginosos aumentos del precio de los alimentos, que llevarían a su vez a una reducción del consumo per cápita de alimentos en gran parte del mundo. Una omisión en cuanto a la adopción de mejoras tecnológicas destinadas al ahorro de agua y reformas en las políticas podría hacer que la demanda de agua para fines no vinculados al riego crezca aún más rápidamente que en nuestras proyecciones, lo que agravaría la escasez de agua.

En cuanto se refiere a los alimentos, la escasez de agua puede llevar a una caída de la demanda y un aumento de los precios. Como se vio en la alternativa con crisis del agua, es posible que los precios de los principales cereales aumenten a más del doble de las proyecciones de la alternativa sin cambios y, a la vez, la demanda de alimentos podría verse considerablemente reducida, especialmente en los países en desarrollo. Más aún, los aumentos de precio pueden tener un impacto todavía mayor en los consumidores de bajos ingresos.

El uso excesivo de los caudales de agua y las excesivas extracciones de agua subterránea ya han causado problemas ambientales en muchas regiones de todo el mundo. Nuestro análisis muestra que en el futuro los problemas, tanto a escala local como a escala mundial, serán probablemente mucho más graves. Si se mantienen los planes de inversión actuales y las recientes tendencias de los sectores del agua y los alimentos, para ampliar los usos ambientales del agua se haría necesario reducir su consumo en el riego o el consumo doméstico y municipal, o ambos. Así pues, a falta de una reforma de las políticas y las inversiones, la competencia por el agua entre las familias y las industrias y entre los productores agrícolas y los usos ambientales tenderá a aumentar en muchas partes del mundo.

A medida que el agua se vuelva cada vez más escasa, el uso continuado de altos caudales se volverá

contraproducente. Las extracciones excesivas aceleran la recesión de los sistemas ecológicos y reducen la calidad del recurso, lo que finalmente reduce la oferta de agua aceptable para consumo humano. Esto ya ha ocurrido en la cuenca del mar Aral, en el centro de Asia. Las excesivas extracciones de agua subterránea pueden también resultar en la pérdida de una importante fuente de agua para usos humanos, como ya está ocurriendo en muchas regiones.

Sin embargo, nuestro análisis también revela motivos para tener esperanzas. Las alternativas analizadas en este informe señalan tres grandes estrategias para enfrentar el desafío que plantea la escasez de agua para la producción de alimentos:

1. invertir en infraestructura para aumentar la oferta de agua para riego y para usos domésticos e industriales;
2. conservar agua y mejorar la eficiencia del uso del agua en los sistemas existentes, por medio de reformas en el manejo y las políticas del agua;
3. mejorar la productividad de las cosechas por unidad de agua y tierra por medio de un manejo del agua integrado a las investigaciones agrícolas y esfuerzos en las políticas, incluyendo investigaciones sobre nuevas variedades y el manejo del agua para la agricultura bajo lluvia.

Si bien los costos financieros, ambientales y sociales de los nuevos proyectos de oferta de agua son



elevados, en algunas regiones, especialmente en los países en desarrollo, todavía es crucial que se amplíe selectivamente la capacidad de suministrar, almacenar y extraer agua. En el África subsahariana, en algunos países del sur y sudeste de Asia (como Bangladesh, India y Vietnam) y en algunos países de América Latina son especialmente necesarios sistemas de almacenamiento y distribución de agua (tales como proyectos para levantar el agua y canales). Estos países deben considerar no solo los costos sociales, económicos y ambientales totales de su desarrollo sino también los costos en que incurrirían si fracasaran en el desarrollo de nuevas fuentes de agua. El diseño de los proyectos debe dar cuenta de la totalidad de los costos y beneficios, incluyendo no solo los beneficios del riego sino también los beneficios para la salud, el uso doméstico y la mejora de su área de influencia. También es esencial mejorar los programas de compensación para quienes son desplazados o afectados negativamente por los proyectos vinculados al agua.

La ampliación de la oferta de agua puede ayudar a aliviar la escasez, pero nuestros resultados demuestran que la vía más prometedor es, probablemente, la implementación de reformas en el manejo del agua, políticas de incentivos, e inversiones en infraestructura y tecnología para mejorar la eficiencia de los usos existentes. En este informe hemos demostrado que mejoras factibles en la eficiencia del uso del agua de riego a nivel de las cuencas puede, a escala global, compensar la reducción del riego resultante de (1) la suspensión gradual de las excesivas extracciones de agua subterránea en todo el mundo; (2) la asignación de mayores volúmenes a usos ambientales; (3) los mayores precios del uso del agua para la agricultura (que por sí solos motivan la realización de inversiones para mejorar la eficiencia); y (4) un bajo desarrollo de áreas bajo riego. También hemos demostrado que mejorar la eficiencia del uso del agua de riego es una manera eficaz de aumentar la productividad del agua.

Sin embargo, en las cuencas gravemente afectadas por la escasez, existe muy poco margen para mejorar la eficiencia del uso del agua, y la producción de alimentos y los ingresos de los productores agrícolas podrían verse significativamente reducidos si el agua de riego se transfiriera a otros usos. En estas cuencas, los gobiernos deberán compensar el impacto negativo de la mayor escasez de agua sobre la agricultura con medios alternativos tales como invertir en agricultura para obtener un crecimiento más rápido del rendimiento de los cultivos, promover la diversifi-

cación de las actividades agrícolas hacia cultivos que hagan un uso menos intensivo de agua, y diversificar la economía para ir reduciendo, con el tiempo, el papel de la agricultura para la economía.

Para lograr importante mejoras en la eficiencia de las cuencas de ciertos ríos determinados se requerirán análisis e implementaciones específicos para tales lugares. La eficiencia de una cuenca depende de las mejoras que logren tanto las tecnologías para el ahorro de agua como las instituciones que regulan la distribución, los derechos y la calidad del agua. El reciclaje del agua industrial, como por ejemplo la recirculación del agua para enfriamiento, puede ser una importante fuente de ahorro en muchos países. En cuanto a los hogares, también existen muchas posibilidades para mejorar la eficiencia del uso doméstico del agua. Estas posibilidades incluyen desde detectar y reparar las pérdidas de los sistemas municipales hasta instalar ducheros de bajo caudal o inodoros con menor nivel de agua o sin agua. El agua de desecho tratada puede ser destinada a una variedad de fines no potables, incluyendo riego paisajístico y con fines recreativos, mantenimiento de caudales urbanos y humedales, cultivos acuáticos que se alimenten con agua de desecho, y cisternas de inodoros. Para incentivar las innovaciones que permitan ahorrar agua, se hace necesario aumentar su precio para los usos domésticos e industriales. Los subsidios generalizados deberían ser sustituidos por subsidios dirigidos a los pobres. Los proveedores de agua deberían cobrar precios bajos por un derecho básico al uso de agua, con mayores precios para quienes consumen mayores volúmenes.

En el sector del riego se pueden lograr mejoras tanto a nivel de técnicas y manejo como a nivel institucional. Las mejoras técnicas incluyen sistemas de riego avanzados tales como riego por goteo, rociadores, el uso conjunto de agua subterránea y agua de superficie, y agricultura de precisión, incluyendo el monitoreo computarizado de la demanda de agua para los cultivos. Las mejoras a nivel del manejo incluyen la adopción de sistemas de programación del riego basados en la demanda y mejor mantenimiento de los equipos. Las mejoras institucionales implican la organización de asociaciones de usuarios eficaces, la creación de derechos al uso de agua, la aprobación de un marco legal más apropiado para la distribución y el aumento de los precios. Se debe poner mucho esmero en el diseño del sistema de precios del agua para la agricultura. Dado el papel que desempeña el agua dentro de los costos de producción, es probable que un aumento directo del

precio sea punitivo para los productores. Otras mejores opciones incluyen la elaboración de esquemas de precios que paguen a los granjeros por reducir el uso de agua, derechos sobre el agua, y acuerdos sobre la comercialización que brinden a los productores o a las asociaciones de usuarios incentivos por reducir el desperdicio de agua.

A partir de este análisis vemos que la agricultura bajo lluvia puede ser un elemento clave para el desarrollo sostenible de agua y alimentos. La agricultura bajo lluvia todavía produce aproximadamente un 60 por ciento del total de cereales, y su papel sigue siendo muy importante tanto en la alternativa sin cambios como en la alternativa con nivel sostenible de agua. Mejorar el manejo del agua y la productividad de las cosechas en las zonas bajo lluvia distendería considerablemente las presiones que se ejercen sobre la agricultura bajo riego y los recursos hídricos. Sin embargo, para explotar a pleno el potencial de la agricultura bajo lluvia se requerirá inversiones en

tecnologías para la recolección de agua, nuevas variedades de cultivos específicamente aptas para los entornos bajo lluvia, servicios de extensión agrícola, y acceso a mercados, préstamos e insumos en las áreas bajo lluvia.

Gran parte del mundo enfrenta una grave escasez de agua, pero la crisis inminente puede ser evitada. Para los diferentes países y cuencas, se debe elaborar de forma específica una combinación apropiada de políticas hídricas, reformas en el manejo e inversiones, de acuerdo con los esquemas institucionales factibles y los instrumentos de política que se habrá de utilizar. Estos enfoques variarán según el nivel de desarrollo, las condiciones agroclimáticas, la escasez relativa de agua, el nivel de la intensificación agrícola y el grado de competencia por el agua. Pero estas soluciones no son fáciles; requieren tiempo, compromiso político y dinero. Hoy mismo debemos dar comienzo a una reforma fundamental del sector del agua.



# Notas

---

1. W.J. Cosgrove y F. Rijsberman, *World Water Vision: Making Water Everybody's Business* (Londres: Consejo Mundial del Agua/Visión Mundial del Agua/Earthscan, 2000); I.A. Shiklomanov, "Electronic Data Provided to the Scenario Development Panel", Comisión Mundial del Agua para el Siglo XXI (Instituto Hidrológico Estatal, San Petersburgo, Rusia, 1999), trabajo mimeográfico.
2. E. Bos y G. Bergkamp, "Water and the Environment," en *Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints, Focus 9, Visión 2020*, eds. R.S. Meinzen-Dick y M.W. Rosegrant (Washington, D.C.: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, 2001).
3. Las alternativas sin cambios, con crisis del agua y con nivel sostenible de agua se comparan usando los resultados promedio para 2025 generados por 30 alternativas hidrológicas. Las demás alternativas se comparan con la alternativa sin cambios en base a una única secuencia hidrológica a 30 años obtenida para el período 1961–90, y los resultados se indican como promedio para los años 2021–25.
4. La demanda de agua puede definirse y medirse en términos de extracciones y consumo real. Si bien por lo general lo que se estima es la extracción de agua, el consumo capta mejor el uso real de agua, por lo que en nuestro análisis utilizaremos este concepto.
5. La proyección global es, a grandes rasgos, coherente con otras proyecciones recientes elaboradas para 2025, incluyendo los 4.580 km<sup>3</sup> de la alternativa media de J. Alcamo, P. Döll, F. Kaspar y S. Sieberg, *Global Change and Global Scenarios of Water Use and Availability: An Application of Water GAP 1.0* (Kassel, Alemania: Centro de Investigaciones sobre Sistemas Ambientales, Universidad de Kassel, 1998); los 4.569 km<sup>3</sup> de la alternativa sin cambios de D. Seckler, U. Amarasinghe, D. Molden, S. Rhadika y R. Barker, *World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues*, Informe de Investigación N° 19 (Colombo, Sri Lanka: Instituto Internacional para el Manejo del Agua, 1998); y la previsión de 4.966 km<sup>3</sup> (que no incluye la evaporación de las reservas) de Shiklomanov, "Electronic Data."
6. En comparación con los demás sectores, el crecimiento potencial de la demanda de agua de riego es mucho menor; con un crecimiento de la demanda potencial de un 12 por ciento entre 1995 y 2025 en los países en desarrollo, y una ligera reducción en los países desarrollados.
7. Todas las toneladas mencionadas en el presente informe son toneladas métricas.
8. J.A. Allan, "Water Security Policies and Global Systems for Water Scarce Regions," en *Sustainability of Irrigated Agriculture —Transactions*, Tomo 1E, sesión especial: The Future of Irrigation under Increased Demand From Competitive Uses of Water and Greater Needs for Food Supply— R.7, Simposio sobre Sistemas de Información para la Administración en el Riego y el Drenaje, 16° Congreso de Riego y Drenaje, El Cairo (Nueva Delhi: Comisión Internacional de Riego y Drenaje, 1996).

## Modelo IMPACT-WATER

Para investigar las relaciones entre el agua, el medio ambiente y la producción de alimentos, elaboramos una estructura de modelo global, IMPACT-WATER, que combina una ampliación del Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agrícolas (IMPACT) con un Modelo de Simulación del Agua (WSM) desarrollado recientemente.<sup>1</sup> El modelo IMPACT es un modelo de equilibrio parcial del sector agrícola, que representa un mercado agrícola competitivo de cultivos y ganadería. La demanda es función de los precios, los ingresos y el crecimiento de la población. El crecimiento de la producción de los cultivos de cada país se determina por medio de los precios de las cosechas y los insumos, y la tasa de crecimiento de la productividad. Los precios mundiales de los productos agrícolas básicos se determinan anualmente a los niveles que aprueban los mercados internacionales. El modelo IMPACT genera proyecciones de áreas de cultivo; rendimientos; producción; demanda de alimentos, forrajes y otros usos; precios; y comercio. En el caso del ganado, el modelo IMPACT proyecta número de reses, rendimiento, producción, demanda, precios y comercio.

A los efectos de crear un modelo combinado que llamamos IMPACT-WATER, para este estudio integramos al modelo IMPACT el modelo WSM, que es un modelo del uso de recursos hídricos a escala de cuencas. Esta combinación la logramos (1) mediante la incorporación del agua en las funciones de área y rendimiento de los cultivos y (2) mediante la determinación simultánea de la disponibilidad de agua a escala de la cuenca fluvial, la demanda de agua para riego y otros sectores, y la producción de los cultivos. El modelo IMPACT-WATER divide el mundo en 69 unidades espaciales, incluyendo macrocuencas fluviales en China, India y los Estados Unidos, y cuencas agregadas en otros países y regiones. Las demandas de agua para uso doméstico e industrial se estiman en función de la población, los ingresos y los precios del agua. La demanda de agua de la agricultura se proyecta sobre la base del crecimiento del riego y la producción ganadera, los precios del agua, el clima, y la eficiencia del uso del agua para riego a nivel de las cuencas. Luego se incorpora la demanda de agua como variable a las funciones de rendimiento y área de los cultivos para cada uno de los ocho principales cultivos de alimentos: trigo, arroz, maíz, otros granos gruesos, soya, patatas, batatas y boniatos, y yuca y otras raíces y tubérculos. Los requisitos de agua para todos los demás cultivos se estiman como una única demanda agregada.

La disponibilidad de agua es tratada como variable estocástica con distribuciones de probabilidad observables. El modelo WSM simula la disponibilidad de agua para cultivos a escala de las cuencas fluviales, tomando en cuenta las precipitaciones y el escurrimiento, la eficiencia en el uso del agua, la regulación de los caudales por medio de almacenamientos de reserva y agua subterránea, la demanda para usos no agrícolas, la infraestructura y la capacidad para la extracción de agua, y los requisitos ambientales de las cuencas fluviales, países y regiones. Los impactos ambientales pueden analizarse por medio del estudio de alternativas del compromiso de los caudales de los cursos de agua y el medio ambiente, los requisitos para la filtración de la sal para controlar la salinidad del suelo, y las tasas alternativas de bombeo de agua subterránea.

<sup>1</sup> Para una descripción más detallada del modelo integrado, ver M.W. Rosegrant, X. Cai y S.A. Cline, *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity* (Washington, D.C.: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, 2002).

**INICIATIVA DE LA VISIÓN 2020**  
**COMITÉ ASESOR INTERNACIONAL**

Su Excelencia Yoweri K. Museveni (Presidente del Comité), Presidente, República de Uganda  
Su Excelencia Olusegun Obasanjo, Presidente, República Federal de Nigeria  
Sr. Fawzi Hamad Al-Sultan, Ex-Presidente, International Fund for Agricultural Development (IFAD), Italia  
Sr. Sartaj Aziz, Ex-Ministro de Finanzas y Ex-Ministro de Asuntos Externos, Gobierno de Pakistán  
Sr. David Beckmann, Director, Bread for the World, EE.UU.  
Sra. Catherine Bertini, Directora Ejecutiva, World Food Program (Programa Mundial de Alimentos), Italia  
Dr. Keith A. Bezanson, Director, Instituto de Estudios del Desarrollo, Reino Unido  
Sr. Norman E. Borlaug, Profesor Distinguido de Agricultura Internacional, Texas A&M University, EE.UU.  
Dr. Lester Brown, Presidente de la Junta Directiva, Worldwatch Institute, EE.UU.  
Dra. Margaret Catley-Carlson, Presidenta, Global Water Partnership  
Prof. Chen Chunming, Asesor Principal y Presidente, Chinese Academy of Preventive Medicine, China  
Dr. Gordon R. Conway, Presidente, Rockefeller Foundation, EE.UU.  
Dr. Bernd Eisenblätter, Director Ejecutivo, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Alemania  
Dr. Leonard Good, Presidente, Canadian International Development Agency (CIDA), Canadá  
Dr. Bo Göransson, Director General, Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA), Suecia  
Sr. Michel Griffon, Director, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Francia  
Prof. Kenzo Hemmi, Profesor Emérito, Universidad de Tokio, Japón  
Dr. Robert W. Herdt, Vicepresidente, Rockefeller Foundation, EE.UU.  
Sr. Dean R. Hirsch, Presidente, World Vision International, EE.UU.  
Sr. Johan Holmberg, Embajador de Suecia en Etiopía  
Sr. Ian Johnson, Presidente del CGIAR y Vicepresidente, Environmentally and Socially Sustainable Development Network, Banco Mundial, EE.UU.  
Su Excelencia Speciosa Wandira Kazibwe, Vicepresidente, República de Uganda  
Dr. Justin Lin, Profesor y Director, China Center for Economic Research, Universidad de Beijing, China  
Sr. Mark Malloch Brown, Administrador, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), EE.UU.  
Sra. Margarita Marino de Botero, Corporación El Colegio Verde, Colombia  
Prof. Alexander F. McCalla, Profesor Emérito, University of California at Davis, EE.UU.  
Sr. Robert S. McNamara, Global Coalition for Africa Coalición Global para África, EE.UU.  
Dr. Moïse Mensah, Ex-Ministro de Finanzas, Gobierno de Benin  
Su Excelencia John Evans Atta Mills, Vicepresidente, República de Ghana  
Sra. D. Cecilia López Montaña, Directora, Departamento de Planificación Nacional, Colombia  
Sr. Harris Mutio Mule, Director Ejecutivo, Top Investment and Management Services Limited (TIMS), Kenia  
Dra. Maureen O'Neil, Presidenta, International Development Research Centre (IDRC), Canadá  
Prof. David Pimentel, Departamento de Entomología, Cornell University, EE.UU.  
Sra. Mary Robinson, Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Suiza  
Sra. Victoria Sekitoleko, Representante Regional, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Zimbabwe  
Prof. Amartya Sen, Trinity College, Reino Unido  
Dr. Ismail Serageldin, Director, Biblioteca de Alejandría, Egipto  
Dr. Ammar Siamwalla, Presidente, Thailand Development Research Institute Foundation, Tailandia  
Dr. M.S. Swaminathan, Presidente, M. S. Swaminathan Research Foundation, India  
Honorable Youssef Wally, Primer Ministro Alterno y Ministro de Agricultura, Egipto  
Sr. Klaus Winkel, Director, Department of Evaluation, Research, and Documentation, Danish International Development Agency (DANIDA), Dinamarca  
Sr. Timothy Wirth, Presidente, Better World Foundation, EE.UU.  
Prof. Muhammad Yunus, Director Ejecutivo, Grameen Bank, Bangladesh



**INTERNATIONAL FOOD  
POLICY RESEARCH INSTITUTE**

2033 K Street, NW  
Washington, DC 20006-1002 USA  
Teléfono: +1-202-862-5600  
Fax: +1-202-467-4439  
Email: [ifpri@cgiar.org](mailto:ifpri@cgiar.org)

Web: [www.ifpri.org](http://www.ifpri.org)



**INSTITUTO NACIONAL  
DE INVESTIGACIÓN Y  
TECNOLOGÍA AGRARIA  
Y ALIMENTARIA (INIA)**

El IFPRI® agradece especialmente el apoyo recibido por parte del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, España, para la traducción y la difusión de esta publicación.

**ACERCA DE LOS AUTORES**

**Mark W. Rosegrant es Investigador Principal de la División de Medio Ambiente y Tecnología de Producción del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) e Investigador Principal del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI).**

**Ximing Cai es Investigador del IFPRI e Investigador del IWMI. Sarah A. Cline es Analista de Investigaciones del IFPRI.**

---

**La Iniciativa de la Visión 2020 también ofrece los siguientes títulos:**

Rosegrant, Mark W., Ximing Cai y Sarah A. Cline. 2002. *World water and food to 2025: Dealing with scarcity*. IFPRI-Visión 2020/Instituto Internacional del Manejo del Agua, libro. Washington, D.C., EE.UU.: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.

Rosegrant, Mark W., Michael S. Paisner, Siet Meijer y Julie Witcover. 2001. *2020 Global food outlook: Trends, alternatives and choices*. Informe sobre política alimentaria de la Visión 2020. Washington, D.C., EE.UU.: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.

Meinzen-Dick, Ruth S. y Mark W. Rosegrant, eds. 2001. *Overcoming water scarcity and quality constraints*. Focus 9, Visión 2020, Washington, D.C., EE.UU.: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.

ISBN 0-89629-648-2



9 780896 296480 >