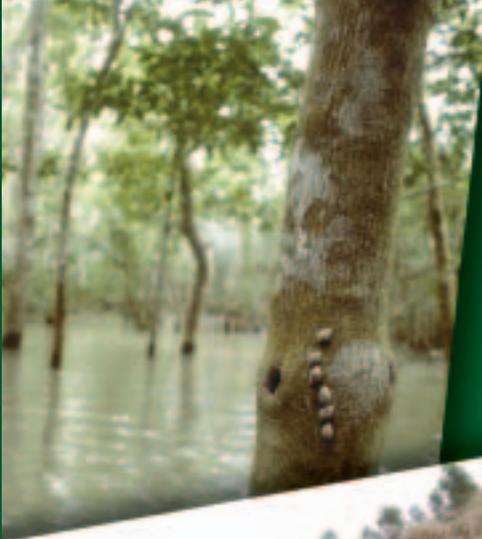


# Descubrir el potencial del agua para la agricultura



# Descubrir el potencial del agua para la agricultura



Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe del Servicio de Gestión de las Publicaciones de la Dirección de Información de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia, o por correo electrónico a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2003



# Prólogo

En ocasión del Tercer Foro Mundial del Agua (WWF-3), en Kyoto, Japón, del 16 al 23 de marzo de 2003, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) presenta una revisión de los temas prioritarios que enfrentan los ejecutivos del mundo respecto al uso del agua en la agricultura y sus implicaciones para el manejo de los recursos hídricos en un amplio contexto. La FAO presenta su participación en los debates del WWF-3 en Kyoto, bajo el lema de *Descubrir el potencial del agua para la agricultura*. Sin duda, todas las evidencias estadísticas confirman que la agricultura es el sector clave para el manejo del agua, tanto en la actualidad como en las futuras décadas. De cualquier manera, el sector del desarrollo rural del agua está en estos momentos en dificultades para tener la prioridad que merece, en los foros internacionales en comparación con otros sectores competitivos. En la actualidad, los promotores del agua en el sector rural carecen de estrategias válidas y de un mercadeo adecuado para su presentación que mantengan la debida atención sobre esos problemas. Son necesarios nuevos y fuertes argumentos a fin de colocar el agua en el sector rural en el lugar que le corresponde.

(1) El uso productivo del agua para la producción agrícola y el desarrollo rural deberá mejorar continuamente para satisfacer los objetivos de la producción de alimentos, el crecimiento económico y el ambiente. Esto requiere la progresiva modernización del manejo del agua en la agricultura de tal forma que ofrezca una mejor respuesta a la demanda y también que se adapte mejor a las condiciones locales de clima, del ambiente y socioeconómicas.

(2) El manejo del agua en la agricultura será un elemento clave para mantener la seguridad alimentaria y la generación de ingresos entre los agricultores de menores recursos. Sin embargo, el manejo equitativo de los recursos locales de agua puede ser alcanzado solamente por medio de una mayor participación de las comunidades rurales y los agricultores.

(3) La sostenibilidad de esos objetivos de equidad y productividad puede ser obtenida solamente por medio de una inversión de mayor calidad en el sector agrícola. Por lo tanto, las inversiones en el manejo del agua en la agricultura deberán ser más estratégicas para mejorar: i) el manejo de la infraestructura de aguas existente; ii) el compromiso de los usuarios del agua; y iii) el uso de prácticas agrícolas innovadoras.

En el futuro, la agricultura deberá responder a los modelos cambiantes de la demanda de alimentos y contribuir al alivio de la inseguridad alimentaria y la pobreza entre las comunidades marginalizadas. Para ello, la agricultura deberá competir con otros usuarios por la escasa agua disponible y al mismo tiempo reducir la presión en el ambiente. El agua será el elemento clave en la tarea de elevar y sostener la producción agrícola de manera de satisfacer esas múltiples demandas. Por lo tanto, las políticas y las inversiones en la agricultura deberán ser más estratégicas. Deberán descubrir el potencial del manejo del agua para la agricultura a fin de mejorar la productividad, difundir el acceso equitativo al agua y conservar la productividad natural de la base de recursos hídricos.



# Agradecimientos

Este documento fue preparado por Jacob W. Kijne para la Dirección de Desarrollo de Tierras y Aguas (AGLW) de la FAO. Su contenido se basa en los debates que tuvieron lugar durante la conferencia electrónica *Agua: fuente de seguridad alimentaria* organizada por el Servicio de Recursos, Fomento y Aprovechamiento de Agua (AGLW) entre el 15 de septiembre y el 1 de noviembre de 2002. Los trabajos básicos para esa conferencia fueron preparados por Wulf Klohn, Peter Mollinga, K. J. Joy, Suhas Paranjape, Bernard Tychon, Riad Balaghi, Mohammed Jlibene, Patrick Duffy y José L. Trava. Otras contribuciones fueron hechas por Jacob Burke, Daniel Renault, Jean-Marc Faurès y Peter Torrekens.

La versión española estuvo a cargo de Cadmo Rosell, el diseño y el montaje fueron hechos por Simone Morini y las láminas de la cubierta son del Archivo FAO-Media.



## Siglas

<b>EIA</b>	<i>Environmental Impact Assessment</i> (Evaluación del Impacto Ambiental)
<b>SIG</b>	<i>Geographical Information System</i> (Sistema de Información Geográfica)
<b>IFPRI</b>	<i>International Food Policy Research Institute</i> (Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias)
<b>IIASA</b>	<i>International Institute of Applied Systems Analysis</i> (Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados)
<b>IRRI</b>	<i>International Rice Research Institute</i> (Instituto Internacional de Investigaciones de Arroz)
<b>IWMI</b>	<i>International Water Management Institute</i> (Instituto Internacional para el Manejo del Agua)
<b>MIRH</b>	<i>Integrated Water Resource Management</i> (Manejo Integrado de los Recursos Hídricos)
<b>ONG</b>	<i>Non-governmental Organization</i> (Organización no Gubernamental)
<b>OECD</b>	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos)
<b>SRI</b>	<i>System Rice Intensification</i> (Sistema de Intensificación del Arroz)
<b>USDA</b>	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América)
<b>OMS</b>	<i>World Health Organization</i> (Organización Mundial de la Salud)
<b>AUA</b>	<i>Water Users Associations</i> (Asociaciones de Usuarios del Agua)



# Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural.....</b>	<b>7</b>
El significado de la agricultura de secano .....	8
La creciente función del agua subterránea.....	10
La función de los sistemas de distribución de agua superficial.....	13
Inversiones en infraestructura de riego .....	15
La función del riego en el alivio de la pobreza y para el desarrollo rural .....	17
<b>3. Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua .....</b>	<b>23</b>
Variabilidad espacial de la productividad del agua .....	24
El incremento substancial de la productividad del agua en la agricultura .....	25
Principios básicos para mejorar la productividad del agua .....	26
Aumento de la productividad del agua a nivel de las plantas .....	27
Incremento de la productividad del agua a nivel de campo.....	28
Contribución de la productividad del agua a nivel de sistema y cuenca .....	33
Herramientas políticas para promover ganancias por medio de la productividad del agua.....	34
<b>4. Manejo del riesgo en el uso del agua en la agricultura .....</b>	<b>37</b>
La naturaleza del riesgo .....	37
Estrategias de manejo del riesgo en la agricultura .....	38
Dispersión del riesgo .....	40
<b>5. Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos en la agricultura.....</b>	<b>41</b>
El problema de las externalidades .....	41
El problema de la salinidad y el drenaje.....	43
Reutilización de las aguas residuales .....	45
<b>6. Modernización del manejo del agua de riego .....</b>	<b>49</b>
El objetivo de la modernización.....	49
La función de las tecnologías de bajo costo en la modernización.....	52
<b>7. Conclusiones y acciones .....</b>	<b>55</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>59</b>

### Lista de Figuras

1. La población subnutrida en el mundo en desarrollo: comparaciones con los objetivos de la Cumbre Mundial de la Alimentación .....1
2. Extracciones de agua por región y por sector .....8
3. Perfiles de salinidad de cuatro ríos importantes .....43

### Lista de Recuadros

1. Sobreextracción y sostenibilidad: teoría compleja, práctica simple .....11
2. Modernización participativa del manejo del agua para reducir el exceso de extracción de agua subterránea en Yemen .....12
3. Agua para la seguridad alimentaria en China .....18
4. Productividad del agua en términos económicos .....25
5. Impacto real del agua virtual sobre el ahorro de agua .....28
6. Tecnologías para el ahorro de agua en el cultivo de arroz .....30
7. Un proyecto de conservación de suelos y aguas en Burkina Faso .....31
8. Beneficios del riego tradicional por inundación comparado con la agricultura en gran escala bajo riego.....34
9. Aplicación de la información climática .....38
10. Desarrollo de los recursos hídricos fluviales: el caso del río Senegal .....41
11. El sistema de drenaje de Egipto.....44
12. Impacto ambiental del exceso de la extracción no planificada de agua subterránea .....46
13. Modernización del riego en Argentina, México y Perú .....50

### Lista de Láminas

1. Riego de un cultivo de papas (Cabo Verde) .....3
2. Ingreso de agua a un canal y gabiones de protección de las orillas construidos por un programa de reparación de un esquema de riego (Afganistán) .....9
3. Tierras agrícolas bajo agua como resultado de inundaciones rápidas (Bangladesh).....13
4. Sección de la orilla izquierda del canal principal en construcción en Bishenyi (Rwanda) .....15
5. Agricultor observando un cultivo de arroz durante ensayos de arroz-piscicultura (Zambia).....16
6. Mujeres regando repollos en un huerto con agua recogida en un pozo del desierto (Malí) .....20
7. Un agricultor trabaja en un canal de riego (México) .....24
8. La transferencia de alimentos puede ser considerada equivalente a la transferencia de agua virtual (Somalia) .....27
9. Modelo de finca integrada con piscicultura. Combinación de estanques para peces con cría de patos (Laos) .....29
10. Miembros del comité de la aldea de Ankofafa protegiendo un campo de maíz (Madagascar) .....32
11. Vista de una zona rural (Camboya) .....40
12. Tuaregs y bellas preparando el suelo para plantar bourgou (Malí) .....42
13. Dragado de un canal de riego (Egipto) .....45
14. Un agricultor preparando las tuberías de riego en un cultivo de tomates (Brasil).....49
15. Tachai: un agricultor usando una bomba manual para tomar agua de un canal (China) ....52



# capítulo 1

## Introducción

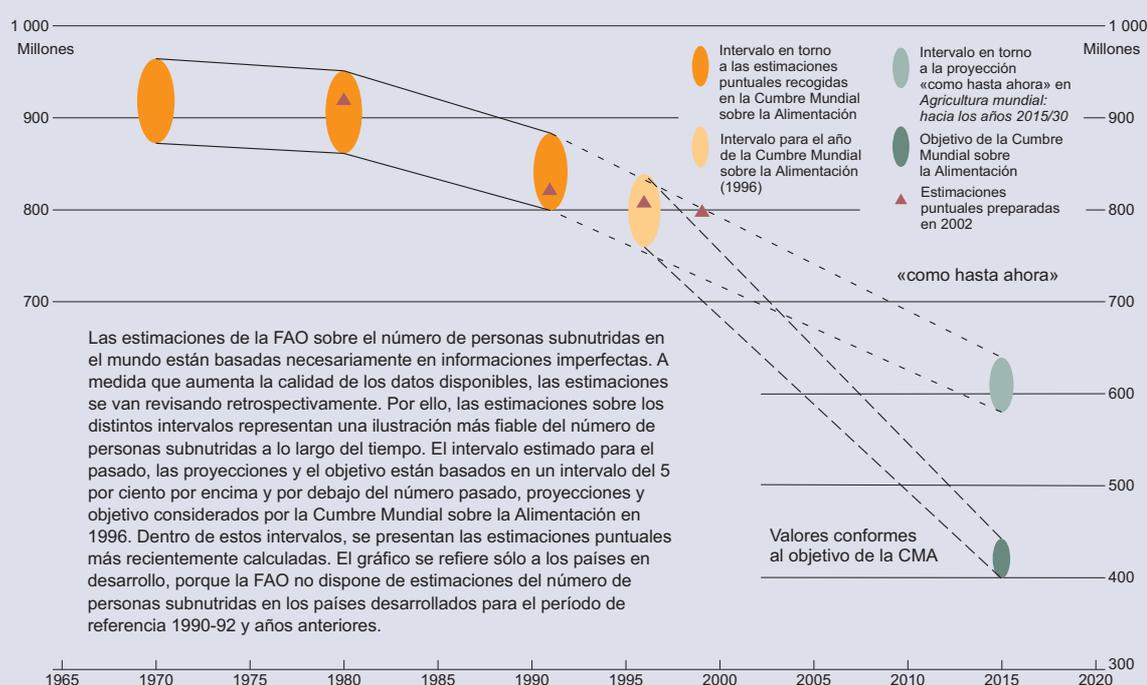
Si bien se producen suficientes alimentos para satisfacer las necesidades de la población mundial hay aún cerca de 840 millones de personas subalimentadas, 779 millones de las cuales se encuentran en los países en desarrollo (FAO, 2002a). Esta situación llevó a convocar en 1996 la Cumbre Mundial sobre la Alimentación con el objetivo de reducir a la mitad el número de personas hambrientas en el año 2015. El reciente informe mundial de la FAO sobre el Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo concluye que el progreso para llegar a esta meta está prácticamente detenido (**Figura 1**). Los datos indican que el número de personas hambrientas ha descendido apenas en 2,5 millones/año desde 1992. Si la tendencia continúa a esta tasa, los objetivos de la Cumbre

Mundial sobre la Alimentación serán satisfechos solo dentro de 100 años. Para llegar a esa meta en el año 2015, el descenso anual del número de personas hambrientas debería incrementarse 10 veces, llegando a 24 millones por año. Tal como ha dicho el Director General de la FAO, Jacques Diouf, en el prólogo del Informe sobre el Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2002, el costo de la inacción es prohibitivo, pero el costo del progreso es a la vez calculable y permisible.

Un examen cuidadoso de los datos revela que las pequeñas ganancias globales son el resultado de un rápido progreso en pocos países grandes. China ha reducido el número de personas subalimentadas en 74 por ciento comparado con las cifras de

**Figura 1** Las población subnutridas en el mundo en desarrollo: comparaciones con los objetivos de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación

Fuente: FAO, 2002a



1990-1992. Ghana, Indonesia, Nigeria, Perú, Tailandia y Vietnam han obtenido disminuciones de más de tres millones de personas cada uno, contribuyendo a reducir el incremento de 96 millones en otros 47 países donde el progreso se ha detenido. Sin considerar a China y los otros seis países, el número de personas insatisfechas en el resto de los países en desarrollo se ha incrementado en 80 millones desde que se inició este análisis. Sin embargo, en muchos países la proporción de personas hambrientas ha disminuido, pero la cifra en números reales ha aumentado a causa del crecimiento de la población. Por ejemplo, en la India, el número de personas subnutridas aumentó en 18 millones si bien su proporción disminuyó de 25 a 24 por ciento.

La zona del África subsahariana continúa teniendo la mayor prevalencia de subnutrición y también presenta el mayor incremento del número de personas con hambre. Sin embargo, hay grandes diferencias entre los países africanos. En África central se encuentra la peor situación en razón de la situación bélica en la República Democrática del Congo, donde el número de personas subnutridas se ha triplicado. Por otro lado, este porcentaje ha declinado sobre todo en África occidental y ha habido mejoramientos en el sudeste de Asia y América del Sur. La situación en América Central, Cercano Oriente y Asia oriental (excluyendo China) justifica las preocupaciones existentes ya que el número y el porcentaje de personas subalimentadas está aumentando (FAO, 2002a).

Durante cierto tiempo los expertos han debatido sobre la capacidad de los sistemas agrícolas del mundo para producir suficientes alimentos para una población aún mayor. La

FAO ha reiteradamente sostenido que en base a la disponibilidad de tierras agrícolas adecuadas, tanto de secano como bajo riego, podrían ser producidos suficientes alimentos para una población humana mucho mayor que la que se predice para los próximos 30 años. Es evidente que en un creciente número de regiones la tierra y el agua podrían ser los principales factores limitantes de la producción de alimentos. El objetivo de este documento es el de examinar la actual y la futura disponibilidad de agua para la producción de alimentos en un momento en que hay un incremento de su demanda para otros usos, por ejemplo, con fines sanitarios o de agua potable en las megaciudades o por parte de la industria. Los agricultores no solo deben competir por el agua con los residentes urbanos y las industrias, sino también, en un incremento incesante, con el ambiente, cuyos servicios para sostener un abastecimiento de agua de buena calidad a partir de las tierras húmedas y las aguas subterráneas es cada día más ampliamente reconocido. Esta última demanda raramente ha sido cuantificada.

Para determinar si habrá agua suficiente para producir alimentos para los casi 8 000 millones de habitantes que se estima que tendrá la tierra en el año 2025 es necesario comprender las conexiones entre la disponibilidad de agua y la producción de alimentos. Una vez que se comprenda esta relación, los ejecutivos podrán percibir más claramente las consecuencias de las elecciones que se hagan para equilibrar la demanda y el abastecimiento de agua. En los últimos 50 años ha habido más de 20 estimaciones sobre la futura seguridad alimentaria basadas en varios modelos para ordenadores cada vez más complejos. La FAO y el Departamento de Agricultura de los Estados

Lámina 1 Riego de un cultivo de papas (Cabo Verde)



FAO/17124/M. MARZOT

Unidos de América (USDA) han regularmente presentado pronósticos, y otras instituciones tales como la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OECD), el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) y el Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) también han publicado sus propias previsiones. Otras instituciones, como el Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI) han hecho proyecciones para futuros escenarios de uso de agua. A partir de estos pronósticos se han hecho intentos para explorar que cambios políticos o tecnológicos deberían ser necesarios para llegar a los resultados deseados. Es evidente que con cualquier modelo que se adopte, el uso agrícola del agua aumentará, si bien a una tasa decreciente, si se desea satisfacer las necesidades de una creciente población.

Durante la segunda mitad del siglo XX se obtuvieron ganancias significativas en la agricultura de secano y bajo riego que han conseguido controlar en cierto modo el

problema alimentario. El mejor manejo y conservación del agua han sido los elementos que contribuyeron a obtener esas ganancias. El manejo agrícola del agua ha marcado la intensificación atribuible a la aplicación de fertilizantes y al uso de variedades de alto rendimiento. En este sentido, se estima que solo la productividad del agua se ha incrementado en 100 por ciento en los últimos 40 años.

En el futuro, la agricultura deberá responder al cambio de modelos de demanda de alimentos y combatir la inseguridad alimentaria y la pobreza entre las comunidades marginalizadas. De esta manera tendrá que competir por la escasa agua disponible con otros usuarios y reducir la presión del ambiente sobre el agua. El agua será el elemento clave de este movimiento para elevar y mantener la producción agrícola de modo de que pueda mantener el ritmo de la demanda. Las políticas agrícolas y las inversiones tendrán, por lo tanto, que ser más estratégicas. Deberán liberar el

potencial de las prácticas agrícolas de manejo del agua para elevar la productividad, distribuir el acceso equitativo al agua y conservar la productividad natural de la base de recursos hídricos. Algunos de los puntos claves relacionados con estos nuevos desafíos se discuten en este documento.

El Capítulo 2 discute la disponibilidad actual y futura de los recursos hídricos. Partiendo de los resultados de varios modelos para ordenadores que predicen el futuro uso del agua en la agricultura. El agua de lluvia, el agua de las distintas corrientes superficiales y el agua subterránea bombeada son esenciales para la producción de alimentos. En este capítulo se discuten sus distintas funciones para el alivio de la pobreza y en el desarrollo rural. También difieren entre ellas en los desafíos que presentan cuando son usadas para tratar de incrementar la productividad del agua en la agricultura, definida como rendimiento de los cultivos por unidad de agua consumida.

El Capítulo 3 discute los temas que surgen del deseo de fortalecer la productividad del agua en la agricultura. Este capítulo también explica que los valores de la productividad del agua dependen de la escala a la cual se evalúan. Se supone, en términos generales, que la productividad del agua en muchos sistemas de riego puede ser mejorada si se reducen las pérdidas por filtrado y percolación en el campo. Sin embargo, si estas pérdidas son extraídas del agua subterránea y usadas en otros lugares para el riego, lo que se pierde en un lugar como recurso hídrico se recupera en otro. Esto es ilustrado por la diferencia entre la eficiencia percibida del riego en el campo (p. ej. la fracción de agua extraída para riego que llega al

campo) en los sistemas de riego de Egipto que tienen cerca del 40 por ciento de eficiencia mientras que la eficiencia del riego calculada para toda la cuenca del Nilo es de cerca del 90 por ciento. La diferencia se origina en la amplia reutilización de las aguas de drenaje (Keller y Keller, 1995).

El Capítulo 4 se refiere al manejo del riesgo en la agricultura. Se discute por qué los agricultores prefieren prácticas de bajos insumos que producen cosechas limitadas pero una producción estable. También se discuten los incentivos, especialmente aquellos relacionados con el manejo del agua, que pueden ser ofrecidos a los agricultores a fin de que acepten mayores riesgos pero que produzcan más. Parte de la respuesta para la agricultura bajo riego radica en la provisión de mejores servicios de manejo dirigidos a una mayor confiabilidad del abastecimiento de agua. En la agricultura de secano, parte de la solución puede provenir de la introducción de técnicas que conduzcan a una repartición más favorable de la cantidad de agua de lluvia almacenada en la zona radical y el agua que escurre en el drenaje.

Los enfoques para reducir los impactos ambientales adversos causados por el desarrollo de los recursos hídricos se discuten en el Capítulo 5. En una época hubo más de 1,6 millones de hectáreas de tierras húmedas en California, Estados Unidos de América; actualmente, más del 90 por ciento de esas tierras han sido drenadas y convertidas a otros usos (Van Schilfhaarde, 1990). Del mismo modo, datos sorprendentemente similares pueden ser probablemente encontrados para otros países y regiones que son intensivamente regados. El desarrollo de los recursos hídricos

ha reducido sensiblemente la abundancia de corrientes de agua, de la vegetación ribereña y de las tierras húmedas aptas para hábitat de animales silvestres. Lamentablemente, el mundo recién ahora se ha dado cuenta de que las tierras húmedas proporcionan valiosos «servicios como ecosistema», tales como la recarga de agua subterránea, la atenuación de las inundaciones y como filtro natural que retiene sedimentos y contaminantes.

La modernización del manejo del agua de riego es el tema del Capítulo 6. En los últimos 30 ó 40 años se han rehabilitado muchos sistemas de riego en los países en desarrollo. Esta rehabilitación ha sido necesaria debido a muchos años de abandono –en muchos casos debido a la falta de recursos– y fue dirigida a restaurar los sistemas de riego según su diseño original. El impacto de esos trabajos de rehabilitación ha sido a menudo limitado. En los casos en que los gestores no son capaces de operar y mantener un sistema a altos niveles, la rehabilitación de su infraestructura física no llevará a mejoramientos sustanciales. Lo opuesto también es cierto: un buen manejo no puede obtener buenos resultados de un sistema mal diseñado o mantenido. Más aún, lo que fue

apropiado en el pasado puede no ser adecuado actualmente para satisfacer la demanda de agua y las expectativas creadas. La modernización, en este caso, se dirige a mejorar la infraestructura física y la organización institucional de modo que el sistema modernizado pueda funcionar en forma de un servicio orientado a satisfacer las necesidades actuales y futuras de los modelos de producción y de prácticas de riego.

La FAO (1997) define la modernización del riego como el mejoramiento de un proceso técnico y de gestión –opuesto a la mera rehabilitación– de los sistemas de riego combinados con reformas estructurales, con el objetivo de mejorar la utilización de los recursos –mano de obra, agua, economía, ambiente– y de ofrecer un servicio de abastecimiento de agua a los agricultores.

El Capítulo final del documento señala las opciones que los gobiernos y las agencias de financiación enfrentan para tratar de asegurar que la escasez de agua no reduzca la capacidad mundial para producir suficientes alimentos para la futura población del planeta.





# Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural

Casi toda el agua de nuestro planeta se encuentra bajo la forma de agua salada en los océanos. Solo 3 por ciento de los recursos hídricos globales son aguas dulces, dos tercios de los cuales provienen de la nieve y de los hielos polares y de las regiones montañosas; por lo tanto, el agua dulce constituye solo cerca del 1 por ciento de los recursos hídricos totales. La mayor parte de esta se encuentra como agua subterránea mientras que menos del 2 por ciento se encuentra en ríos y lagos. En los climas húmedos y templados, cerca del 40 por ciento de la precipitación termina en agua subterránea y en los climas mediterráneos esta cifra se reduce a 10-20 por ciento. En los climas realmente áridos se puede reducir virtualmente a cero (Bouwer, 2002). No toda el agua que se encuentra en los ríos y lagos y el agua subterránea es accesible para ser usada ya que parte de ella fluye en ríos remotos o durante inundaciones estacionales que no permiten su captura antes de llegar a los océanos. Se estima que toda el agua que está económicamente disponible en el mundo cada año para el consumo humano es de 9 000-14 000 km<sup>3</sup>. Esto es apenas el 0,001 por ciento de la estimación del agua total del globo. En la actualidad el consumo humano de agua se estima en cerca de 3 600 km<sup>3</sup> lo cual podría dar la impresión de que hay abundancia de agua disponible para ser usada por el hombre. Sin embargo, parte del agua superficial disponible debe permanecer en los ríos y otras corrientes para asegurar la dilución de las aguas residuales y

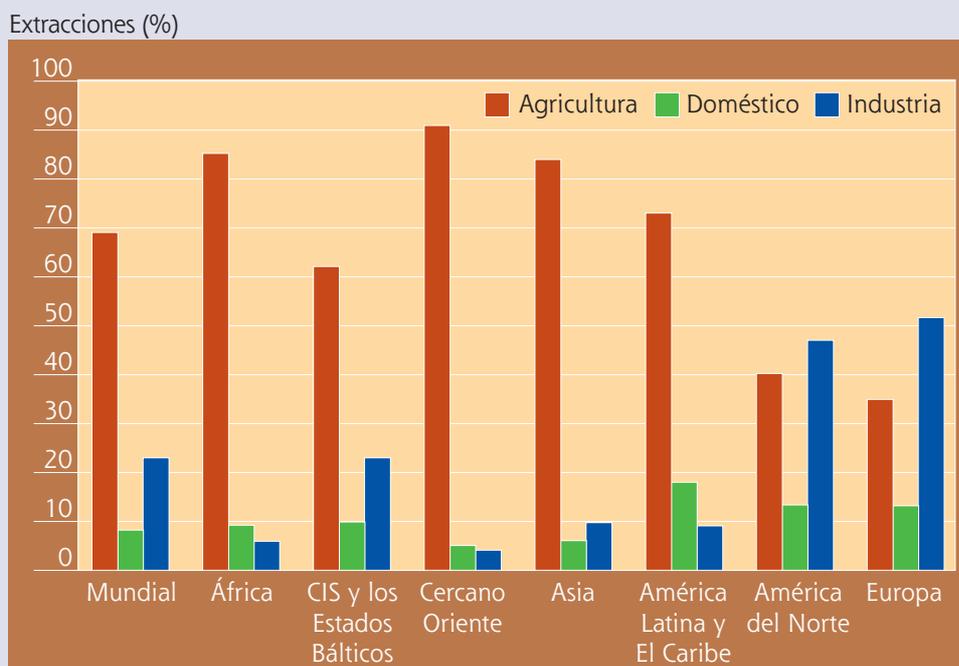
salvaguardar la integridad del ecosistema acuático. La proporción en que esto debería ocurrir es aún un hecho mal comprendido; sin duda, tiene variaciones anuales y cada río o cuenca tiene su límite ecológico específico por debajo del cual es posible esperar que el sistema se degrade. Una estimación de esta demanda global es de 2 350 km<sup>3</sup>/año. Agregando a esto la cantidad de agua consumida por el hombre, se llega a cerca de 6 000 km<sup>3</sup> de agua económicamente accesible que ya está comprometida (FAO, 2002b). Esto ciertamente indica que a nivel global es muy limitado. Dado que el agua y la población están desuniformemente distribuidas en el globo, la situación del agua ya es crítica en varios países y regiones y es probable que este problema se intensifique en el futuro.

La agricultura es siempre el mayor usuario de todos los recursos hídricos tomados en su conjunto, por ejemplo, la lluvia (llamada agua verde) y el agua en los ríos, lagos y acuíferos (llamada agua azul). La agricultura absorbe alrededor del 70 por ciento del consumo mundial, el uso doméstico un 10 por ciento y los usos industriales un 21 por ciento (**Figura 2**).

Es necesario hacer una importante distinción entre el agua que se retira para ser utilizada y el agua realmente consumida. En la agricultura bajo riego cerca de la mitad del agua retirada -una cifra con considerables variaciones- es consumida por los procesos de evaporación y transpiración de las

**Figura 2** Extracciones de agua por región y por sector

Fuente: Agua y cultivos. FAO, 2002



plantas y de las superficies húmedas. Algunas de las plantas que contribuyen a este proceso de evapotranspiración son malezas improductivas y plantas en tierras abandonadas. El agua que es extraída pero que no es consumida se infiltra en el suelo y es almacenada como agua subterránea o drena hacia los ríos. Esta agua de drenaje es por lo general de menor calidad que el agua que fue extraída, debido a la contaminación por los agroquímicos y las sales percoladas del perfil del suelo. Comparado con un flujo de retorno del 50 por ciento del agua retirada para la agricultura, el 90 por ciento del agua para uso doméstico retorna a los ríos y a los acuíferos como agua residual; por su parte, la industria retorna cerca del 95 por ciento del agua utilizada. Los flujos de retorno de las aguas urbanas e industriales de mala calidad algunas veces son tratados antes ser devueltos a los cursos de agua pero su tratamiento es difícil. En este sentido, los problemas de la contaminación del agua agrícola deberían ser manejados controlando el uso cuantitativo y su salida de los campos y fincas.

## EL SIGNIFICADO DE LA AGRICULTURA DE SECANO

La lluvia es la fuente de agua para la producción de cultivos en las zonas más húmedas del mundo donde se produce cerca del 60 por ciento de la producción agrícola. La agricultura de secano se encuentra cerca del 80 por ciento de las tierras arables y el riego en 20 por ciento, produciendo el 40 por ciento de los cultivos alimenticios del mundo. Para satisfacer la futura demanda de alimentos se espera que relativamente más cultivos sean producidos bajo riego en lugar de cultivos de secano y similares cantidades de alimentos provendrán de ambos tipos de agricultura. Considerando la importancia de la producción de cereales en condiciones de secano, se ha prestado insuficiente atención al potencial de crecimiento de la producción en esas áreas a fin de satisfacer la demanda de alimentos. Por lo general, la mayor parte de la atención está dirigida a la posible expansión de las áreas bajo riego. Sin embargo, el incremento de los rendimientos de los cultivos de cereales en

## Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural

condiciones de secano en los países templados, mejores técnicas de fertilización y de protección de las plantas y el uso de riego complementario indican un potencial significativo para mejorar los rendimientos en esas condiciones.

En las regiones áridas la escasez de agua es el resultado de lluvias insuficientes, pero las regiones semiáridas pueden recibir agua suficiente para algunos cultivos; sin embargo, dado que la precipitación es distribuida en forma desuniforme en el espacio y en el tiempo, la agricultura de secano es difícilmente practicable. En general, la variabilidad de las lluvias aumenta a medida que decrece su cantidad anual y es particularmente alta en los países del Sahel. Esta región es conocida por las sequías periódicas que pueden durar varios años. La lluvia en las regiones semiáridas también tiende a caer en forma de fuertes aguaceros que son difíciles de capturar para el uso agrícola, lo cual lleva a que grandes cantidades de esorrentía vayan hacia los drenajes y eventualmente caigan en las aguas

subterráneas o engrosen los ríos. Cuando la descarga de los ríos es grande y difícil de manejar, una forma de capturar el flujo es por medio del riego por inundación en el cual parte o toda el agua de la corriente es dirigida a los campos circundantes cerrados por altos caballones. De esta forma, un riego de 50 cm puede proporcionar suficiente agua al suelo para un cultivo de trigo, tal como ocurre en Yemen. La captura del agua de las inundaciones que se efectúa dentro de una corriente bloquea el flujo del agua y causa su concentración en el cauce. Después de la estación de las inundaciones, se cultiva el área del cauce donde se concentró el agua. Un sistema de *wadi* (una corriente efímera) con terraza es un tipo de captura de agua de inundaciones en la cual se han construido una serie de pequeñas represas en el *wadi*, cuya área es posteriormente cultivada. Un exceso de flujo podrá romper las pequeñas represas o las estructuras de diversión en el riego por inundación. La aptitud de esos métodos depende también de las condiciones del suelo

**Lámina 2** Ingreso de agua a un canal y gabiones de protección de las orillas construidos por un programa de reparación de un esquema de riego (Afganistán)



FAO/18048/M. GRIFFIN

y de la profundidad del cauce del *wadi*. La captura de agua, o sea la recolección y el almacenamiento de la escorrentía superficial, también es útil para las regiones semiáridas con lluvias poco frecuentes (Capítulo 3).

Si bien existen múltiples variaciones de estas tecnologías para recolectar el agua de lluvia, no está claro si su uso difundido es siempre posible, especialmente entre los pequeños agricultores. Los costos que implican la construcción y el mantenimiento del sistema de captura de agua constituyen un aspecto importante para las decisiones de los agricultores para la adopción, o no, de estas técnicas. Anteriormente, los sistemas de captura de agua se instalaron con ayuda financiera de agencias externas tales como organizaciones no gubernamentales o agencias internacionales de financiación. Muchos de esos sistemas fracasaron debido a la falta de participación de los beneficiarios y de su incapacidad para organizarse y pagar su mantenimiento. Se ha informado que los costos de construcción de sistemas de captura de agua en Turkana, Kenya varían entre 625 y 1 015 dólares EE.UU. por hectárea (Rosegrant *et al.*, 2001). La mano de obra y la construcción constituyen la mayor parte de los costos de la captura de agua ya que el costo de oportunidad para el uso de la tierra es prácticamente nulo. Los altos costos iniciales de la mano de obra para construir los sistemas de captura de agua a menudo constituyen un desincentivo para la adopción de esta técnica. Más aún, muchos agricultores en zonas áridas o semiáridas no disponen de la mano de obra necesaria para mover grandes volúmenes de tierra tal como se requiere en los sistemas de gran tamaño. Las técnicas en pequeña escala de conservación de suelos y aguas, aplicables a nivel de campo son, por lo tanto, adoptadas más

fácilmente. Las inversiones en mayor escala exigen la existencia o la creación de organizaciones comunitarias para pagar las inversiones necesarias y su mantenimiento y para manejar los beneficios de la infraestructura de la captura de agua. El mantenimiento del sistema es algunas veces necesario durante la época de las lluvias, cuando la mano de obra es relativamente escasa y, por lo tanto, es costosa en razón de su competencia con otras actividades agrícolas tradicionales (Tabor, 1995). A pesar de estos inconvenientes en la amplia aplicación de los sistemas extensivos de captura de agua, los estudios de modelos indican que en general hay una importante posibilidad de incrementar la producción de secano siempre que se hagan las inversiones apropiadas y los cambios políticos oportunos (Rosegrant *et al.*, 2002). Es necesario mencionar además que el fitomejoramiento dirigido específicamente a los ambientes de secano es fundamental para el futuro cultivo de cereales. La integración del manejo de los cultivos con el manejo de los recursos hídricos se discute en el Capítulo 3.

## LA CRECIENTE FUNCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El uso de agua subterránea para riego presenta una paradoja: coexisten regiones donde este recurso ha sido sobreexplotado y regiones donde existe un gran potencial para su uso en agricultura (**Recuadro 1**). Un corolario es la llamada falacia de la agregación: en términos agregados, a nivel global y aún a nivel nacional, la disponibilidad de aguas subterráneas parece ser excesiva según el uso actual. El uso anual de aguas subterráneas en todo el mundo se estima entre 750 y 800 km<sup>3</sup>, (Shah *et al.*, 2000). Esta cifra puede parecer un valor modesto comparado con las reservas existentes de agua subterránea, pero

## Recuadro 1 Sobreextracción y sostenibilidad: teoría compleja, práctica simple

Fuente: Burke y Moench, 2000

Hay confusión acerca del uso de los términos «sobreextracción» y «minería del agua subterránea». El último término se refiere al agotamiento de las existencias no renovables de aguas subterráneas que no serán reemplazadas, dejando el acuífero sin agua en forma indefinida. Claramente, la minería planificada de un acuífero es una opción estratégica de manejo de los recursos hídricos siempre que las implicaciones físicas, sociales y económicas sean comprendidas y consideradas en el tiempo. Sin embargo, el reaprovisionamiento de los acuíferos por la percolación del agua de lluvia muestra una alta variabilidad entre los distintos años y es un proceso físico de difícil evaluación. Una capa freática en declinación no indica necesariamente un exceso de extracción de los recursos de las aguas subterráneas. El exceso de extracción no debería ser definido en términos de un balance anual de recarga y extracción sino que debería ser evaluado en un período de muchos años dado que el límite entre las existencias no renovables y el volumen que es reaprovisionado por la recarga contemporánea de la percolación desde la superficie es, por lo general, desconocido.

El hecho importante para los ejecutivos y los usuarios de los pozos es la confiabilidad y la productividad de un pozo –en términos de niveles, volúmenes y calidad del agua- durante un cierto período. Por lo tanto, si un pozo encuentra un acuífero particular, ¿cuál es la tasa sostenible de explotación en función de los períodos de recarga y sequía?. La respuesta no es trivial y requiere un cierto nivel de precisión para comprender la dinámica del sistema. Si esta dinámica es comprendida, el máximo de agua que puede ser extraída puede ser calculada por medio de una ecuación no lineal. Esta ecuación puede ser obtenida por medio de un enfoque analítico o por medio de la aplicación de modelos numéricos. Si el sistema del acuífero es suficientemente conocido, el valor asignado al máximo extraíble puede también incluir la explotación de una parte de los recursos no renovables del agua subterránea. Tales métodos pueden proporcionar las bases para el pre-vaciado de la degradación del acuífero antes de llegar a causar daños físicos y socio-económicos, dando indicaciones a los usuarios de las tasas sostenibles de extracción.

solo una fracción de estas reservas está económicamente disponible para la agricultura. Se estima que aproximadamente el 30 por ciento del abastecimiento mundial de agua para riego está constituido por agua subterránea pero, sin embargo, este insumo es responsable de algunos de los más altos rendimientos y el mayor valor de los cultivos (FAO, 2003).

El número de pozos que proveen agua a las tierras regadas en China, India, México y Pakistán y muchos otros países han aumentado enormemente en los últimos 40 años. En India, por ejemplo, alrededor del 60 por ciento de la producción de cereales depende del riego procedente de aguas subterráneas. Esto ha llevado a un difundido y descontrolado exceso de extracción del recurso hídrico y a la creación de una economía «burbuja» de agua subterránea (Roy y Shah, 2002). Se estima que en Yemen la extracción excede a la recarga en 400 por ciento (**Recuadro 2**). Raramente la extracción y la recarga de agua subterránea han sido cuantificadas con precisión si bien

este debería ser el primer paso en la evaluación del potencial para un posterior desarrollo de los recursos hídricos y para diseñar enfoques de manejo (**Recuadro 2**). Cuando la agricultura bajo riego llega a depender en parte del agua subterránea bombeada, muchas de las áreas presentan un mosaico de métodos de riego que varían desde el riego totalmente por medio de canales hasta campos completamente regados por agua subterránea extraída por bombeo; sin embargo, en la mayoría de los casos se encuentra una combinación de ambos métodos. Por ello, el riego es por definición una actividad colectiva pero, sin embargo, existen pocos ejemplos reales de un manejo colectivo.

En China, el 52 por ciento de las tierras regadas son –al menos en parte– servidas por pozos. Como resultado del exceso de extracción de las aguas subterráneas, en los últimos 30 años, las capas freáticas han caído hasta 50 metros. Por ejemplo, en la cuenca de Fuyuan en el norte de China, el agua superficial ha sido drásticamente reducida para satisfacer

# Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural

## Recuadro 2 Modernización participativa del manejo del agua para reducir el exceso de extracción de agua subterránea en Yemen

Fuente: Dixon et al., 2001

La consecuencia inmediata de la continua declinación de los recursos hídricos en Yemen ha sido una mayor inseguridad alimentaria, especialmente para las familias de escasos recursos en las áreas rurales vulnerables. La única solución viable es mejorar el manejo de los recursos disponibles por medio de la introducción de tecnologías apropiadas y herramientas de manejo.

En 1995, tomando conciencia de estos hechos, el gobierno de Yemen lanzó un programa para mejorar la eficiencia general del riego con agua subterránea. Esto incluyó el proyecto sobre Conservación de Suelos y Aguas financiado por el Banco Mundial, basado en gastos compartidos, participación de los agricultores y tecnologías modernas de riego.

La economía en el uso del agua a nivel de finca varió entre 10 y 50 por ciento. A nivel regional, el promedio de la economía de uso de agua fue de por lo menos de 20 por ciento y en algunos casos llegó al 35 por ciento, sobre todo en la parte noroeste del país donde la mayor parte de las fincas estaban equipadas con sistemas de riego de burbuja. Considerando los costos operacionales actuales en que los agricultores deben pagar por el bombeo del agua –aún en los casos de costos de energía relativamente bajos–, el costo de las inversiones en equipos modernos de riego es recuperado en un plazo de dos a cuatro años, solamente con las economías hechas. Por otra parte, la nueva tecnología ofrece otros beneficios además de estos ahorros, incluyendo importantes mejoramientos en rendimiento y calidad de los productos resultantes de los modelos productivos y el aumento del área bajo riego.

las necesidades industriales; los agricultores respondieron recurriendo al riego con aguas subterráneas. La razón de la crisis asiática de aguas subterráneas citada por Shah *et al.*, (2000) y que pone en peligro a millones de comunidades rurales pobres radica en el libre acceso a este recurso. Paradójicamente, precisamente esta característica de las aguas subterráneas en acuíferos poco profundos los ha convertido en una poderosa herramienta para luchar contra la pobreza (Moench, 2002) ya que quien se puede permitir instalar una bomba tiene libre acceso al agua. El riego con agua subterránea es por lo general más productivo que el riego por canales ya que el agua subterránea es producida cerca del lugar de uso con poca o ninguna pérdida en su transporte. Más aún, es muy importante que los agricultores puedan controlar el tiempo y la cantidad de agua extraída. La evidencia encontrada en India sugiere que los rendimientos de los cultivos por metro cúbico de agua en las fincas que usan aguas subterráneas tiende a ser de 1,2 a 3 veces mayor que en las fincas que usan aguas superficiales (Shah *et al.*, 2000).

En todo el mundo, la mayor parte del desarrollo de las aguas subterráneas ha ocurrido básicamente en función de iniciativas individuales. A diferencia de los proyectos de riego superficial o de agua potable donde por lo general participan las agencias gubernamentales en muchos aspectos del diseño, financiación e implementación, la mayor parte del desarrollo de las aguas subterráneas se origina en la decisión de los agricultores individuales de perforar pozos y comprar bombas. Por su lado los gobiernos facilitan este proceso por medio de subsidios y electrificación rural y son pocos los casos de implementación en gran escala. En consecuencia, pocas organizaciones gubernamentales importantes tienen contactos frecuentes y directos con los usuarios de las aguas subterráneas. Más aún, el desarrollo de las aguas superficiales por lo general involucra el desvío de los flujos o la construcción de depósitos en una corriente o cuerpo de agua bien definido. El impacto de estas acciones en los usuarios aguas abajo es por lo general claro, por lo menos desde un punto de vista conceptual. Como resultado, gran cantidad de leyes ordinarias y formales junto con medidas

para la supervisión de los recursos y los sistemas para obligar a su cumplimiento han sido desarrolladas durante la prolongada historia del desarrollo de las aguas superficiales. Esto no ocurre en el caso de las aguas subterráneas. El desarrollo planificado en gran escala es un fenómeno reciente y las desviaciones tienen un impacto menos evidente sobre los otros usuarios. Como resultado, la extracción de aguas subterráneas continúa siendo altamente «individualista» y tiende a ocurrir fuera del marco de las instituciones establecidas para la designación, supervisión o manejo de la base de recursos. En algunos lugares como en la India, decenas de millones de individuos poseen y operan pozos, muchos de los cuales están en tierras privadas. La ubicación, el uso y aún la existencia de esos pozos a menudo es desconocida para otras personas que no sean sus propietarios y la comunidad que los rodea. Como resultado, no existen bases institucionales para su manejo.

## LA FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA SUPERFICIAL

Los indicadores globales de escasez de agua tienden a ignorar las variaciones de la importancia de la agricultura de riego para la seguridad alimentaria en los países. Tampoco toman en consideración las diferencias estacionales de su abastecimiento. Por ejemplo en la India, el 70 por ciento del abastecimiento total ocurre en los tres meses monzónicos de junio, julio y agosto cuando la mayor parte del agua fluye hacia el mar. Más aún, los datos nacionales ignoran las diferencias regionales en el abastecimiento de agua y su consumo dentro del país, otro ejemplo típico de la falacia de la agregación. A pesar de todos estos reclamos muchos observadores están inclinados a concluir que muchos países no tienen un exceso de agua disponible para regar. De hecho, muchos países no tienen suficiente capacidad anual para regar su área potencialmente regable, incluso en cuencas de alta eficiencia de riego. La eficiencia de riego de una cuenca incluye la reutilización de toda el

**Lámina 3** Tierras agrícolas bajo agua como resultado de inundaciones rápidas (Bangladesh)



FAO/9367/T. PAGE

agua de drenaje y es considerablemente mayor que la eficiencia del sistema de riego si el flujo de drenaje de un sistema es usado para regar otra vez otro sistema aguas abajo. Muchos análisis indican que con cualquier indicador de escasez de agua que se use, más de la mitad de la población humana vive en países con grados variables de escasez de agua. Esta escasez puede ser física –no hay más agua- o económica –el país no se puede permitir el desarrollo de recursos hídricos adicionales- o puede ser debida a una falta de capacidad social de adaptación. Ejemplos de la capacidad de adaptación son la habilidad para producir más valor por unidad de agua consumida o importar «agua virtual» que es el agua usada para producir los cultivos obtenidos en el mercado mundial (Allan, 1995) (Capítulo 3, Recuadro 5).

Existen preocupaciones ya que debido a la escasez de agua aún más personas serán afectadas por la inseguridad alimentaria. La competencia por los mismos recursos combinada con la creciente tendencia de la contaminación de las aguas exacerba este problema. Además, el impacto del cambio climático, cuyos efectos son en general desconocidos, es probable que contribuya a que la escasez de agua en algunos países sea aún más grave. Varios estudios sugieren que en los futuros climas los rendimientos del arroz podrían aumentar en las altas latitudes y descender en las bajas latitudes. Es probable que los países más pobres, y dentro de ellos las personas más pobres, sufran desproporcionadamente ya que son menos adaptables a las condiciones cambiantes. Las proyecciones del IFPRI, basadas en sus estudios de modelos, indican que la extracción de agua aumentará en 22 por ciento entre 1995 y 2025. Las extracciones proyectadas en los países en desarrollo aumentarán en 27 por

ciento en un período de 30 años comparada con los países desarrollados en que aumentará un 11 por ciento (Rosegrant *et al.*, 2002). Se espera solamente un pequeño incremento en el área regada la cual será superada por un incremento en eficiencia de las cuencas fluviales.

La FAO, sin embargo, estima que la extracción de agua para riego en todos los países en desarrollo se incrementará de los 2 128 km<sup>3</sup> registrados en el período 1997/99 a 2 420 km<sup>3</sup> en 2030, un incremento de cerca de 14 por ciento. También estima que el área bajo riego en los países en desarrollo aumentará de 202 millones de hectáreas en 1997/99 a 242 millones en 2030, un incremento de cerca de 20 por ciento. El mayor incremento es esperado en el África subsahariana con 44 por ciento y el menor en Asia Oriental con seis por ciento. En América Latina el aumento esperado es de 32 por ciento, de cerca de 10 por ciento en Cercano Oriente y África del Norte y de 14 por ciento en Asia del Sur (FAO, 2002c; Faurès *et al.*, 2002). Es posible que el área cultivada efectivamente regada se espera que aumente en 34 por ciento durante el período considerado a causa de una mayor intensidad de cultivo. Gran parte de la diferencia en las tasas de incremento de toma de agua que se relaciona con la mayor productividad del agua en la agricultura bajo riego, podrá ocurrir en el 2030, con algún efecto también del cambio del cultivo intensivo de arroz bajo riego a la producción de trigo, sobre todo en China.

En los 93 países considerados conjuntamente, la extracción de agua para riego, si se expresa en porcentaje de los recursos anuales renovables de agua, se incrementaría solamente en ocho por ciento en 1998 y nueve por ciento en 2030. Este dato tiene un limitado valor práctico donde las lluvias y los caudales

Lámina 4 Sección de la orilla izquierda del canal principal en construcción en Bishenyi (Rwanda)



FAO/20232/FAO

de los ríos son altamente variables; es otro ejemplo de la falacia de la agregación. En el Cercano Oriente y en África del Norte la extracción de agua se incrementaría de 40 a 53 por ciento del recurso renovable y en Asia de 44 a 49 por ciento, comparado con América Latina donde el incremento sería solamente de 1 a 2 por ciento. Las regiones con extracciones de agua para riego por encima de 40 por ciento de su agua renovable obviamente presentan los mayores desafíos, sobre todo desde el momento que las diferencias entre países son aún mayores. De los 93 países, 10 de ellos –incluyendo Egipto y Pakistán– toman ahora más del 40 por ciento de sus recursos hídricos para el riego mientras que otros ocho –incluyendo China e India– extraen más del 20 por ciento de los recursos renovables de agua para riego.

Es interesante notar que las dos predicciones de la FAO y el IFPRI mencionadas anteriormente, difieren en los detalles pero concuerdan en el orientamiento general de los cambios esperados. Obviamente, no puede ser esperada

una mayor concordancia ya que los resultados de los modelos dependen de las suposiciones hechas. La suposición más importante es la medida en que la productividad del agua en la agricultura puede ser incrementada entre el momento actual y el 2025 ó 2030.

## INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

No existe una visión global segura de las tendencias de las inversiones en el riego pero es posible hacer algunas aproximaciones para indicar esas tendencias. Por ejemplo, ha habido una severa disminución en los préstamos del Banco Mundial para financiar nuevos esquemas de riego (Jones, 1995). Los fondos para la construcción de nueva infraestructura para riego se han casi detenido y ahora se pone énfasis en la sostenibilidad y eficiencia de los esquemas existentes. De acuerdo a Thompson (2001), el riego y el drenaje son todavía sujetos importantes para las inversiones en el sector rural por parte del Banco Mundial, pero su

## Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural

orientación está siendo dirigida al apoyo de la rehabilitación y el traslado de responsabilidades a las asociaciones de usuarios del agua. Sin embargo, se espera que el número de proyectos de riego y drenaje disminuya a menos de los que existían en la década de 1980. Las inversiones hechas en sistemas de riego son percibidas como insatisfactorias para corregir las necesidades cambiantes de los servicios de riego dado que la rehabilitación de los sistemas existentes fue primariamente llevada a cabo para restaurar los objetivos de los proyectos originales. El tipo de rehabilitación a menudo es inapropiada ya que tiende a ignorar los cambios deseables en los modelos de cultivo y las técnicas de riego y de esta manera permite la continuación de prácticas que favorecen la baja productividad del agua. El costo y el tiempo se enfrentan a los proyectos de riego y la oposición pública a la construcción de grandes represas ha erosionado la confianza de las agencias financieras respecto a las inversiones en estas actividades. Considerando los aspectos negativos de la agricultura bajo riego tales como la salinidad, las inundaciones,

los peligros sanitarios y la explotación de las aguas subterráneas, es necesario tener en cuenta que el riego no puede ser considerado como una actividad protegida o preferida y que sus externalidades negativas no serán aceptadas incondicionalmente. De cualquier manera, el desarrollo del riego y la construcción de represas deben continuar, aún solamente para actualizar las obras existentes y reemplazar las represas y embalsos que han perdido la mayor parte de su capacidad de almacenamiento debido a la sedimentación. La pérdida de capacidad efectiva en las represas de la zona del Mediterráneo se ubica actualmente entre 0,5-1 por ciento por año y en algunos casos hasta 3 por ciento, como en Argelia. En Marruecos, la reducción de la capacidad atribuible a la colmatación de los embalses es equivalente a una pérdida del potencial de riego de 6 000–8 000 hectáreas anuales (FAO, 2002d). Un mejor control de la erosión en las áreas de la cuenca puede eventualmente prolongar la vida de los embalses y las represas.

**Lámina 5** Agricultor observando un cultivo de arroz durante ensayos de arroz-piscicultura (Zambia)



FAO/17218/A, JENSEN

Sin embargo, un cierto nivel de inversiones en el campo del riego, aunque sea reducido, son un elemento positivo. En el pasado, la construcción de muchos esquemas de riego fue parte activa de numerosos proyectos de ayuda para el desarrollo financiados internacionalmente sin contar con un aporte importante de los futuros usuarios del esquema y, algunas veces, contra su expresa voluntad. El potencial de riego fue visto, y es visto aún, como un indicador importante para evaluar el futuro desarrollo del riego. Este parámetro indica hasta que área podría ser expandido el riego en un país de acuerdo a los criterios de capacidad de uso de la tierra y de disponibilidad de agua. Obviamente, este valor cambia de acuerdo en el tiempo dependiendo de la economía del país y de la competencia por el agua. Esta noción de potencial de riego, ha sido a menudo usada como el único criterio para establecer las políticas agrícolas y de recursos hídricos de un país sin haber hecho un análisis paralelo de las limitaciones económicas, sociales, institucionales y ambientales y sin un cuidadoso análisis de los mercados. Los malos resultados de algunos esquemas de riego pueden ser sin duda atribuidos a una limitada percepción de la infraestructura de riego y de la distribución de agua y no a la productividad de los sistemas de producción y su capacidad de respuesta a los mercados agropecuarios (Burke, 2002a).

La política pública del desarrollo de esquemas de riego a la cual han adherido numerosos gobiernos y agencias donantes puede ser justificada en razón de la importancia atribuida al riego para contribuir a la seguridad alimentaria. Sin embargo, el papel del sector privado en el desarrollo del riego es a menudo subestimado o incluso ignorado. Se ha notado que muchas inversiones hechas por los

pequeños agricultores y por los agricultores comerciales podían exceder las inversiones del sector público, como ocurrió, por ejemplo, en Zambia (FAO, 2002e) y en India (Moench, 1994). Esto ocurre particularmente en los casos en que existen ventajas comparativas para la producción bajo riego relacionadas con los mercados locales e internacionales; estos mercados pueden no ser para los alimentos tradicionales sino para hortalizas o flores cortadas dando lugar a considerables inversiones privadas en el riego.

## LA FUNCIÓN DEL RIEGO EN EL ALIVIO DE LA POBREZA Y PARA EL DESARROLLO RURAL

Desde 1960, el incremento de los rendimientos medios de los cereales ha sido, en términos generales, paralelo al incremento de la población mundial; se presume que continuará esta tendencia hasta que la población comience a estabilizarse. Gran parte de este incremento ha sido el resultado de aumentos en los rendimientos y no del aumento del área cultivada. Las proyecciones de la FAO, el IFPRI y el Banco Mundial coinciden en que el incremento posterior de la producción de cereales continuará a estar basado en aumentos de los rendimientos. Sin embargo, la tendencia de los datos recogidos por la FAO indica que la media mundial de rendimientos de los cereales habrá llegado al menos a 4 t/ha para una población de 8 000 millones de personas, en comparación con las 3 t/ha actuales (Evans, 1998). En la actualidad, todos los países desarrollados considerados conjuntamente, no han llegado a ese rendimiento medio de 4 t/ha de cereales. Este es el gran desafío.

## Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural

La contribución de la agricultura bajo riego para llegar a esta meta será fundamental ya que el riego proporciona una poderosa herramienta de manejo contra las incertezas de las lluvias. El riego también hace que sea económicamente atractivo cultivar especies de alto rendimiento y aplicar cantidades adecuadas de nutrientes y pesticidas para explotar el potencial de las variedades modernas. De acuerdo al IFPRI, mientras que la producción de alimentos se incrementará más rápidamente en los países en desarrollo que en los países desarrollados, no podrá sin embargo, satisfacer la demanda y se deberán incrementar las importaciones de alimentos. En el período 1999/2000 los países en desarrollo produjeron 1 030 millones de toneladas de granos, o sea 55 por ciento de la producción mundial y a la vez consumieron el 61 por ciento de la producción mundial de esos granos. Para cubrir esa diferencia entre demanda y producción, los países en desarrollo importaron 231 millones de toneladas de

granos, equivalentes a 72 por ciento de las importaciones mundiales. Estos datos ilustran que los países en desarrollo tienen una participación importante en el comercio internacional de productos agrícolas y que son altamente susceptibles –desde el punto de vista de la seguridad alimentaria– a los cambios en los mercados agrícolas internacionales. En el caso de los países más pobres, un incremento de la producción nacional es fundamental para mejorar la seguridad alimentaria. Por ello, las expectativas acerca de la función de la agricultura bajo riego en la seguridad alimentaria son muy altas (**Recuadro 3**).

El desarrollo agrícola basado en la conservación del agua y el riego es a menudo considerado como un elemento promisorio para aliviar la pobreza en las áreas rurales. Por ejemplo, la disponibilidad de agua para el huerto doméstico, por lo general manejado por mujeres, puede sin duda hacer una contribución

### Recuadro 3 Agua para la seguridad alimentaria en China

Fuente: Heilig et al., 2000; Smil, 1996

El problema de si China es capaz de producir alimentos para su creciente población ha generado controversias. Durante muchos años se ha sugerido una respuesta negativa (Brown, 1995). Uno de los argumentos que se oponen es que China posee más tierras agrícolas que las que el gobierno oficialmente reconoce. Otro argumento es que los datos oficiales subestiman los rendimientos de los cultivos hasta en un 50 por ciento en las regiones montañosas del interior del país. Los datos referentes al arroz en las provincias orientales y centrales son probablemente confiables.

La escasez de agua es posiblemente el problema más importante que enfrenta hoy día la agricultura de China. El uso del agua en China tiene una predicción de aumento de 60 por ciento en el año 2050 causado por un incremento de la proporción de la población que vivirá en las ciudades. Los déficits de agua pueden afectar al 36 por ciento de la producción de granos de China, los cuales son producidos en áreas que dependen totalmente del riego o que presentan rendimientos significativamente más altos cuando son regados. Sin embargo, esto también significa que cerca del 64 por ciento de la producción de cultivos no está sistemáticamente amenazada por la escasez de agua ya sea porque está en regiones húmedas o porque la precipitación es suficiente para obtener alguna producción en condiciones de secano. Por supuesto, debido a las condiciones de sequía esta producción podría no ser obtenida todos los años. Sin riego y sin manejo del agua en los campos de arroz en el sur húmedo no será posible obtener dos o tres cosechas anuales sino solamente una o dos. Sin embargo, en una gran parte del sur y sudeste de China no hay problemas de escasez de agua sino un desafío de escasez de agua.

Un uso más eficiente del agua y los fertilizantes combinado con menores pérdidas post-cosecha podrían constituir los mejoramientos más importantes en la agricultura bajo riego de China. La creación de asociaciones de usuarios de agua ya ha contribuido a asegurar un abastecimiento más regular y garantido a los agricultores, los cuales después distribuyen el agua en forma equitativa por medio de esas asociaciones. Otros mejoramientos podrían incluir la producción de cerdos y pollos para satisfacer la demanda adicional de carne, la expansión de la piscicultura en las fincas y un incremento de la producción de lácteos. Esta combinación puede satisfacer las futuras necesidades nutricionales del país sin requerir grandes cantidades de granos importados, tal como predice Brown.

significativa a la nutrición familiar y de este modo contribuir a mejorar el nivel de vida. La captura de agua puede contribuir a que esto sea posible (FAO, 2002d). Sin embargo, esto ocurre a pequeña escala y la agricultura bajo riego con sus mayores rendimientos puede tener un impacto más importante sobre la incidencia de la pobreza y la malnutrición. Por lo general, no hay ninguna relación entre la dimensión del proyecto de riego, ya sea en pequeña o en gran escala, lo cual está definido en su mayor parte por las condiciones hidrológicas del lugar. Sin embargo, los últimos estudios han mostrado que el alivio de la pobreza como resultado del desarrollo del riego requiere que el proyecto esté dirigido a la satisfacer las necesidades de la población más humilde (Van Koppen *et al.*, 2002). Esto incluye el acceso a la capacitación en los aspectos técnicos del riego pero también en la organización comunitaria y la comercialización. Uno de los problemas recurrentes es la falta de acceso al crédito o al capital o a la tierra. Incluso los microcréditos no tienen período de gracia: en muchos casos los retornos deben comenzar después de unas pocas semanas. Esto hace que sean poco útiles para la adquisición de tecnologías económicas tales como las bombas a pedal o los sistemas de microgoteo. Se ha discutido si esas tecnologías son provechosas en períodos breves y si requieren precios subsidiados para los agricultores de escasos recursos o medidas específicas de alivio de pobreza (FAO, 2002d). Por supuesto, el problema del crédito no es específico de los programas de desarrollo del riego y debe ser considerado en un sentido más general para que haya un desarrollo rural exitoso en las regiones más pobres.

La expansión de las áreas regadas, un mayor control del agua y la aplicación de tecnologías

de alto rendimiento en la agricultura bajo riego han dado lugar a grandes incrementos en los ingresos de las fincas, especialmente en Asia. Sin embargo, este incremento ha ocurrido en forma desproporcionada entre los agricultores de mayores recursos; estos no son los agricultores más pobres pero su incremento de los gastos ha originado un mayor empleo entre aquellos de menores recursos. Estos últimos tienen poca o ninguna tierra y escasamente se benefician de los programas de producción agrícola dirigidos al pequeño productor, pero por otro lado se benefician de costos más bajos de los alimentos, de mejores salarios y del crecimiento de la demanda de productos rurales no alimenticios y de servicios (FAO, 2002d; Mellor, 2001; Briscoe, 2001). En contraste, los modelos de consumo con modelos de capital e importaciones intensivas por parte de los agricultores comerciales y especialmente de los agricultores ausenteístas, contribuyen muy poco a la reducción de la pobreza. Esto es típico de algunos países de América Latina y en menor medida en Asia y África.

La recuperación de los fondos invertidos en el mantenimiento y operación de los esquemas de riego de los agricultores de escasos recursos es un tema que genera controversias. Los subsidios ofrecidos para estos servicios y la provisión de agua por debajo de los costos no es sostenible desde el punto de vista financiero. Las tarifas muy reducidas en las cuales el servicio básico es ofrecido casi gratuitamente a las personas de escasos recursos puede ser justificable en el caso del agua potable pero es difícil de implementar en el caso del agua para riego. El control de la eficiencia del uso del agua en la agricultura por parte de los pequeños agricultores cuando cada uno de ellos usa muy pequeñas cantidades, es

Lámina 6 Mujeres regando repollos en un huerto con agua recogida en un pozo del desierto (Malí)



sumamente costoso, pero proporcionando agua por debajo de los costos se contribuye a su desperdicio (FAO, 2002d).

En los países en desarrollo, la agricultura en general y no solo la agricultura bajo riego, produce muchos productos no comercializables tales como alimentos de menor calidad o que tienen costos de transacción altos y comunes. Este aspecto da a la agricultura una función prominente en la reducción de la pobreza y también contribuye a proteger la economía nacional de las variaciones repentinas de los productos agropecuarios en los mercados internacionales. Para el sector rural de menores recursos en los países de bajos ingresos, un mayor número de oportunidades de empleo les permite escapar de la pobreza y el hambre. Dado que por lo general esos agricultores tienen limitados conocimientos, es más probable que puedan encontrar empleo en la producción y en los servicios que no pueden ser comercializados en el mercado internacional. Ejemplos de este tipo de empleo

incluyen el mantenimiento de estructuras de riego y drenaje, el manejo de cuencas y la reforestación y, si hubiera grandes embalses, podría haber oportunidades de empleo en la pesca, el ecoturismo y la navegación. Por lo tanto, el mayor empleo y consecuentemente la reducción de la pobreza dependen de un incremento de la demanda doméstica por esos elementos no comercializables de productos y servicios de origen no agrícola. La agricultura es la principal fuente de tal demanda y, por lo tanto, solo por medio de un aumento de los insumos la pobreza puede ser reducida y, consecuentemente, puede ser incrementada la seguridad alimentaria (FAO, 2001c).

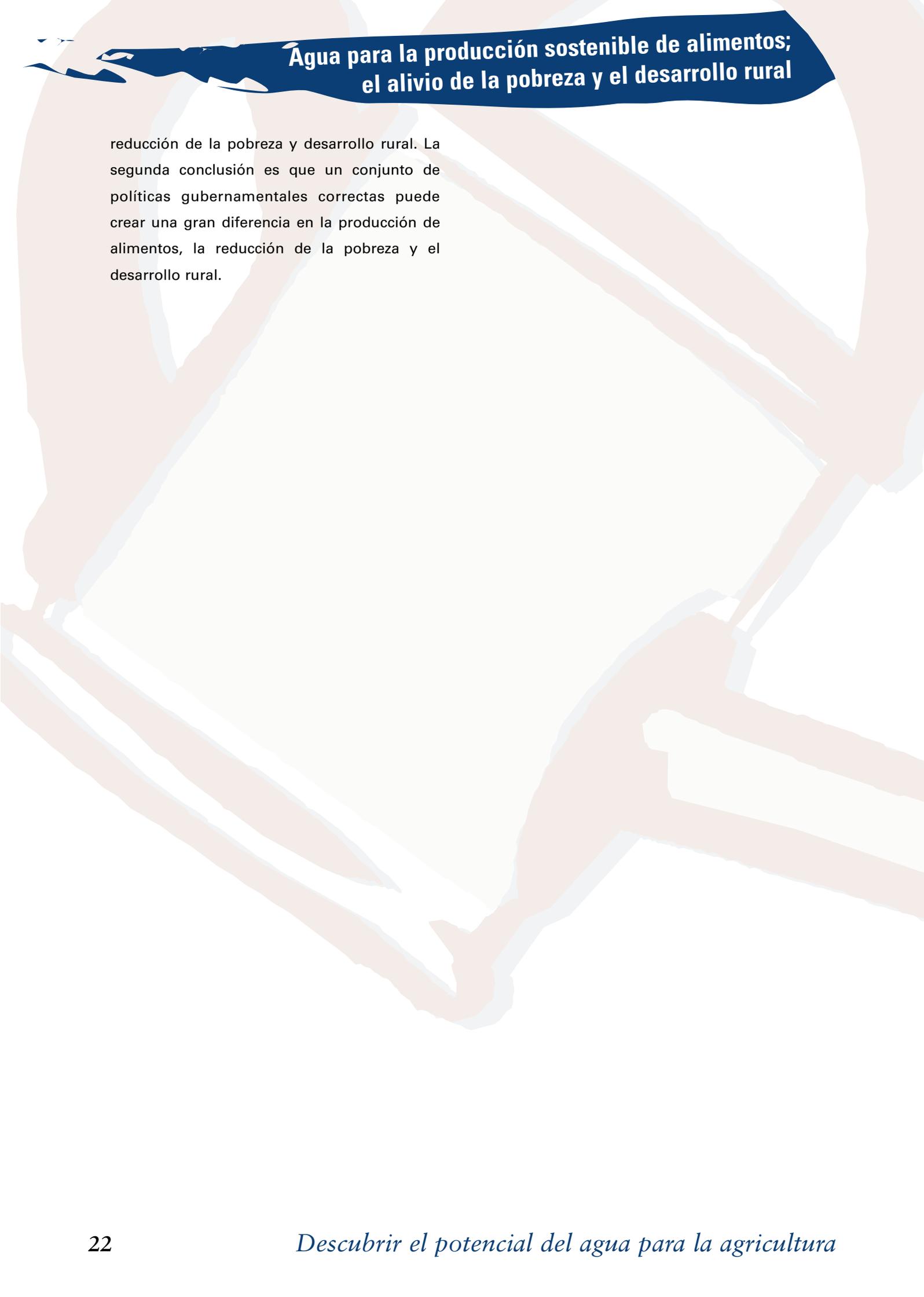
Por estas razones las inversiones en el desarrollo del riego pueden satisfacer metas adicionales tales como el fortalecimiento del crecimiento económico y el alivio de la pobreza en las áreas rurales. De cualquier manera, es posible preguntar si las inversiones en otros sectores de la infraestructura no son más viables que el aumento de las inversiones en el

sector del riego. Por ejemplo, la disminución gradual de la pobreza en la India a partir de la mitad de la década de 1960 hasta principios de la década de 1980 estuvo fuertemente asociada con el crecimiento agrícola, especialmente la Revolución Verde, la cual coincidió con masivas inversiones en la infraestructura rural y agropecuaria (Fan *et al.*, 1999). De acuerdo con estudios hechos por IFPRI en la India, el impacto de la reducción de la pobreza rural causado por las inversiones adicionales en el riego ocupaba el tercer lugar después de los caminos rurales y la investigación y extensión agrícolas. Los gastos adicionales del gobierno en el riego tuvieron un impacto significativo sobre el aumento de la productividad pero no tuvieron un impacto discernible en la reducción de la pobreza. Mientras que en el pasado los gastos en riego y en energía fueron fundamentales para un crecimiento agrícola sostenible, los niveles actuales de riego pueden ser tales que sea más importante mantener los sistemas en función antes que incrementarlos. Los estudios de IFPRI también han indicado que los retornos marginales de varias inversiones hechas en infraestructura en la India son ahora mayores en muchas áreas de secano. También tienen un potencial de mayor impacto para reducir la pobreza rural (Bhalla *et al.*, 1999).

Un análisis global de la conexión entre los sistemas de producción y la pobreza publicado por la FAO y el Banco Mundial indica que las perspectivas para la reducción de la pobreza rural en el Cercano Oriente y África del Norte son favorables (Dixon *et al.*, 2001). Sin embargo, es interesante destacar que para la región en su conjunto, un resultado exitoso de la producción agrícola es la mejor estrategia para la reducción de la pobreza familiar, seguida por el aumento de los ingresos fuera de la finca.

El estudio indica que las funciones prioritarias del estado son apoyar el desarrollo de la infraestructura vital tales como los caminos, el abastecimiento de agua, los servicios y el abastecimiento de electricidad y la regulación del uso de los recursos y el establecimiento de precios adecuados para el agua y la energía. En comparación, las medidas tomadas en el sur de Asia que apoyan a las familias de pequeños agricultores en un programa de diversificación y para oportunidades de empleo en la economía fuera de la finca son probablemente las que más contribuyen a la reducción de la pobreza.

Cuando se comparan los aspectos favorables y contrarios de las nuevas inversiones en riego con los beneficios de otras inversiones, deben ser tomados en consideración todos los beneficios potenciales del riego tales como los beneficios sanitarios que resultan de una mejor nutrición (p. ej. más calorías y una dieta más balanceada) y un mayor empleo rural. Muchos de los beneficios del riego son específicos para cada lugar y no es posible hacer generalizaciones. Además, sin técnicas adecuadas para supervisar el comportamiento físico de los sistemas de riego es imposible evaluar los beneficios potenciales que se pueden obtener de inversiones posteriores hechas para su mejora. A pesar de estas advertencias, el problema fundamental e importante concierne la utilidad económica de futuras inversiones en el desarrollo del riego como un medio de desarrollo rural y alivio de la pobreza. Por lo menos dos conclusiones pueden ser hechas a partir de la discusión sobre la función del agua en la producción sostenible de alimentos, alivio de la pobreza y desarrollo rural. La primera es que las agencias donantes y los gobiernos tienen dificultades para hacer una elección cuando invierten en

The background of the page features a stylized illustration of several hands in various shades of brown and tan, reaching upwards to hold a globe. The hands are positioned around the globe, with some fingers pointing towards it, symbolizing global unity and support. The globe itself is a light beige color with faint lines representing latitude and longitude. The overall aesthetic is clean and professional, with a focus on human collaboration and environmental stewardship.

## Agua para la producción sostenible de alimentos; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural

reducción de la pobreza y desarrollo rural. La segunda conclusión es que un conjunto de políticas gubernamentales correctas puede crear una gran diferencia en la producción de alimentos, la reducción de la pobreza y el desarrollo rural.



# Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

La productividad es la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. En este caso el término productividad del agua es usado exclusivamente para denotar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida o desviada. El valor del producto podría ser expresado en diferentes términos: biomasa, grano, dinero. Por ejemplo, el enfoque del llamado «cultivo por gota», se refiere a la cantidad de producto obtenido por unidad de agua. Otro enfoque considera las diferencias en los valores nutricionales de los diferentes cultivos o que la misma cantidad de un cultivo alimenta más personas que la misma cantidad de otro cultivo. Cuando se discute acerca de seguridad alimentaria es necesario tener en cuenta esos criterios (Renault y Wallender, 2000). Otra preocupación surge con la forma de expresar los beneficios sociales de la productividad del agua en la agricultura. Todas las opciones que se han sugerido pueden ser resumidas como «nutrientes por gota», «per cápita por gota», «trabajos por gota» y «medios de vida sostenibles por gota». No existe una definición única de productividad y el valor considerado en el numerador podría depender del enfoque así como de la disponibilidad de datos. Sin embargo, la productividad del agua definida en kilos por gota es un concepto útil cuando se compara la productividad del agua en diferentes partes del mismo sistema o cuenca y también cuando se compara la productividad del agua en la agricultura con otros usos posibles del agua.

La producción de agua de los cultivos está gobernada solamente por la transpiración. Dado que es difícil separar la transpiración de la evaporación de la superficie del suelo entre las plantas (que no contribuye directamente a la producción del cultivo), la definición de la productividad del agua en términos de evapotranspiración en lugar de la transpiración tiene sentido a nivel de campo y de sistema. Sin embargo, cuando se estudia la agricultura bajo riego en zonas salinas, los requisitos de lavado, por ejemplo, de la cantidad de agua que debe percolar para mantener la salinidad de la zona radical a un nivel satisfactorio, también debería ser incluida junto con la evapotranspiración en la cantidad de agua que es necesariamente usada durante el crecimiento de las plantas. Hay otros usos no productivos pero beneficiosos del agua que podrían ser incluidos; por ejemplo, la evapotranspiración por las cortinas rompevientos, los cultivos de cobertura y también el agua usada para humedecer la cama de semillas y favorecer su germinación.

El problema de considerar las pérdidas de agua causadas por la filtración y la percolación como parte del consumo no tiene una respuesta única. Si esta agua no es usada aguas abajo o si genera más contaminación tal como la lixiviación geológica de sales (p. ej., Valle de San Joaquín, California, Estados Unidos de América), debe ser considerada como consumida. Las soluciones para minimizar

## Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

estas pérdidas tales como forrar los canales o mejorar la aplicación del agua pueden tener un efecto positivo sobre la productividad. Pero desde un punto de vista ambiental más amplio puede ser importante considerar el impacto de la salida de agua de un sistema de riego sobre la productividad general del ecosistema.

Como ocurre con el numerador, la elección del denominador (cuáles gotas deben ser incluidas) debería depender de la escala, del punto de vista y del enfoque. A nivel de cuenca, la elección debería ser entre el agua desviada de su fuente y esta menos el agua reintegrada, mientras que a nivel de campo se deberían considerar la lluvia útil, el agua de riego y el riego suplementario.

### VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Los datos de los informes sobre la productividad del agua con respecto a la evapotranspiración ( $WP_{ET}$ ) muestran considerables variaciones. Por

ejemplo, en el trigo es de 0,6-1,9  $kg/m^3$ , en el maíz 1,2-2,3  $kg/m^3$ , en el arroz 0,5-1,1  $kg/m^3$ , en el sorgo forrajero 7-8  $kg/m^3$  y en las papas 6,2-11,6  $kg/m^3$ , con algunas variaciones obtenidas en los campos experimentales. Los datos de campo sobre la productividad del agua por unidad aplicada ( $WP_{irrig}$ ), tal como se informa en la literatura, son menores que  $WP_{ET}$  y varían dentro de un amplio rango. Por ejemplo,  $WP_{irrig}$  para el arroz varió entre 0,05 y 0,6  $kg/m^3$ , para el sorgo entre 0,05 y 0,3  $kg/m^3$  y para el maíz entre 0,2 y 0,8  $kg/m^3$ . Esta variabilidad ocurre porque los datos fueron recolectados en diferentes ambientes y bajo distintos tipos de manejo del cultivo, todo lo cual afectó no solo el rendimiento sino también la cantidad de agua provista (Kijne *et al.*, en preparación). Más aún, a menudo es difícil determinar el rendimiento real de los cultivos en áreas grandes como puede ser un sistema de riego. Cuando los agricultores son interrogados acerca de los rendimientos pueden dar cifras dependiendo de la situación. Cuando solicitan un préstamo, posiblemente el rendimiento sea exagerado

Lámina 7 Un agricultor trabaja en un canal de riego (México)



FAO/18609/G. BIZZARRI

## Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

mientras que si deben pagar una deuda o fijar una tarifa, probablemente subestimen el rendimiento obtenido. Los rendimientos de las hortalizas pueden cambiar de un día a otro y, salvo cuando se conservan buenos registros, nadie conocerá exactamente cuanto se obtuvo durante todo el período de la cosecha. Los rendimientos expresados en términos monetarios son aún más dudosos ya que los precios en el mercado local pueden tener grandes fluctuaciones (FAO, 2002d).

De cualquier manera, los datos sobre la productividad del agua en todas las escalas son útiles para evaluar si el agua que drenó desde aguas arriba es efectivamente reutilizada aguas abajo. Lamentablemente hay pocos datos confiables sobre la productividad del agua a diferentes niveles de escala dentro del mismo sistema. Un estudio usando sensores remotos y tecnologías GIS evaluó la  $WP_{ET}$  de varios cultivos en distintos sistemas de riego en la cuenca del Indo en Pakistán (Bastiaanssen *et al.*, 2003). Se encontró que la productividad del agua del cultivo varió considerablemente a escala del canal pequeño de las áreas de distribución. Cuando la productividad del agua se agregó para las áreas del gran canal, los mayores valores de productividad del agua decrecieron gradualmente. Su variabilidad también decreció hasta una escala de cerca de 6

millones de hectáreas donde la productividad del agua tendió a un valor bajo de cerca de  $0,6 \text{ k/m}^3$ . Esto ocurrió porque a la escala mayor, los grandes canales con suelos menos fértiles o salinos y con menos agua en el canal y peor calidad del agua fueron incluidos en el promedio.

El **Recuadro 4** presenta datos ilustrando la productividad del agua en términos económicos.

### EL INCREMENTO SUBSTANCIAL DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN LA AGRICULTURA

A pesar de ciertas preocupaciones sobre la ineficiencia técnica del uso del agua en la agricultura, su productividad se incrementó por lo menos en 100 por ciento entre los años 1961 y 2001. El principal factor responsable por este incremento ha sido el aumento de los rendimientos. En muchos cultivos el aumento de los rendimientos ocurrió sin aumentar el consumo de agua e incluso, en algunos casos, con menos agua, ya que aumentó el índice de cosecha. Ejemplos de cultivos en los cuales el consumo de agua tuvo pocas variaciones durante esos años son el arroz –sobre todo bajo riego- y el trigo –sobre todo de secano- los cuales registraron incrementos a nivel mundial de 100 y 160 por ciento respectivamente. A nivel

#### **Recuadro 4** Productividad del agua en términos económicos *Fuente: Merrett, 1997; Molden et al., 2001*

En Jordania hay datos disponibles sobre la productividad agrícola del agua en términos económicos. La productividad del agua varió entre dólares EE.UU.  $0,30/\text{m}^3$  para las papas y  $\$EE.UU. 0,03/\text{m}^3$  para el trigo. El valor medio de los productos agrícolas fue de  $\$EE.UU. 0,19/\text{m}^3$  y el de los productos industriales de  $\$EE.UU. 7,5/\text{m}^3$ . El IWMI analizó la productividad económica del agua para dos sistemas de riego en Asia del Sur. Los valores para la producción de trigo variaron entre  $\$EE.UU. 0,07/\text{m}^3$  y  $\$EE.UU. 0,17/\text{m}^3$ . Los valores medios de la productividad del agua en dos sistemas de Asia del Sur variaron entre  $\$EE.UU. 0,10/\text{m}^3$  y  $\$EE.UU. 0,15/\text{m}^3$ . Los datos globales de 23 sistemas de riego en 11 países de África, América Latina y Asia variaron entre  $\$EE.UU. 0,03/\text{m}^3$  para un sistema en la India y  $\$EE.UU. 0,91/\text{m}^3$  en Burkina Faso, con una media general de  $\$EE.UU. 0,25/\text{m}^3$ . La comparación con el costo más reciente de  $\$EE.UU. 0,50/\text{m}^3$  para el agua marina desalinizada indica que esta fuente de agua es aún excesivamente costosa para virtualmente toda la producción agrícola. Sin embargo, su costo se ha reducido a cerca de un décimo de su costo de hace 20 años. Mejoramientos posteriores en la tecnología de destilación del agua marina pueden llevar consecuentemente a una rebaja de su costo, siempre que el precio de la energía permanezca bajo.

## Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

global, el incremento del consumo de agua en la agricultura en los últimos 40 años ha sido de 800 km<sup>3</sup> (Shiklomanov, 2000) mientras que la población mundial se ha duplicado llegando a 6 000 millones. Considerando que el área de las tierras arables no ha aumentado, es posible concluir que con esos 800 km<sup>3</sup> adicionales de agua ha sido posible alimentar, a nivel mundial, 3 000 millones de personas más. Esto representa una estimación global de 0,720 m<sup>3</sup>/d/cápita. Este cifra es baja comparada con la estimación global para el año 2000 de 2,4 m<sup>3</sup>/d/cápita, lo cual incluye el agua para la alimentación a nivel de campo, sin incluir las pérdidas de agua. Este es un buen indicador de la significativa ganancia en productividad de los granos registrada en la agricultura; es una ganancia que ha permitido al mundo satisfacer al doble de la población e incluso aumentar la cantidad de alimentos consumidos.

En su conjunto, es posible estimar que el agua necesaria para la producción de alimentos por cabeza se ha reducido a la mitad entre los años 1961 y 2001, de cerca de 6 m<sup>3</sup>/d a menos de 3 m<sup>3</sup>/d (Renault, 2003).

La importancia de las necesidades de agua para la producción de alimentos hace que cualquier pequeña ganancia relativa en este sector signifique una ganancia importante para otros usos. Por ejemplo, según las necesidades estimadas de agua per cápita en el año 2000, un incremento de la productividad del agua de uno por ciento de la producción de alimentos genera un potencial de uso de agua de 24 l/d/cápita. Para producir el equivalente del abastecimiento doméstico de agua será necesaria una ganancia de 10 por ciento causada por la productividad del agua, lo cual requiere varios años para ser obtenido. Por lo tanto, es posible sostener que

las inversiones en agricultura y en agua para la agricultura son los mejores métodos para liberar agua para otros propósitos.

Sin embargo, las futuras ganancias del sector agrícola deberán ser divididas entre varios componentes: i) la compensación por la reducción de las áreas de producción agrícola como resultado de la intrusión urbana, la degradación del suelo y el agotamiento de la disponibilidad o acceso a los recursos hídricos (aguas subterráneas); ii) el mayor acceso al agua por parte de los grupos rurales de menores recursos y más vulnerables; iii) la generación de sistemas de producción agrícola más ricos; y iv) la congelación del agua para otros usos, incluyendo los usos ambientales.

### PRINCIPIOS BÁSICOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Los principios básicos para mejorar la productividad del agua en el campo, a nivel de finca o de cuenca que se aplican a todos los cultivos, tanto bajo condiciones de secano como de riego, son: i) incrementar los rendimientos comercializables de los cultivos por cada unidad de agua transpirada por este; ii) reducir todas las pérdidas (p. ej., drenaje, filtrado y percolación) incluyendo las pérdidas por evaporación distintas de la transpiración estomática de las plantas; y iii) incrementar el uso efectivo del agua de lluvia, del agua almacenada y del agua marginal de menor calidad.

El primer principio se relaciona con la necesidad de incrementar los valores o los rendimientos de los cultivos. El segundo se dirige a reducir todas las «pérdidas» excepto la transpiración de los cultivos. Esto no implica que será imposible incrementar la

**Lámina 8** La transferencia de alimentos puede ser considerada equivalente a la transferencia de *agua virtual* (Somalia)



FAO/20430/A - PROTO

productividad del agua reduciendo la transpiración de los estomas; es concebible que el fitomejoramiento pueda encontrar formas para vencer estas limitaciones. El tercer principio está dirigido a hacer uso de fuentes alternativas de agua. El segundo y tercer principios deberían ser considerados como parte del manejo integrado de los recursos hídricos de una cuenca para el mejoramiento de la productividad del agua. El MIRH reconoce que la función esencial de las instituciones y las políticas es asegurar que las intervenciones aguas arriba no sean hechas a expensas de los usuarios aguas abajo.

Estos tres principios se aplican en todas las escalas: plantas, campos y niveles agroecológicos. Las opciones y prácticas asociadas con esos principios requieren, sin embargo, diferentes enfoques y tecnologías a diferentes escalas espaciales.

## AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA A NIVEL DE LAS PLANTAS

Las opciones a nivel de las plantas radican en el fitomejoramiento, por ejemplo, para mejorar el vigor de las plántulas, aumentar la profundidad de enraizamiento, incrementar el índice de cosecha (la parte comercializable de la planta como parte de su biomasa total) y fortalecer la eficiencia fotosintética. Los mejoramientos más importantes en la estabilidad de los rendimientos han sido, por lo general, producto de la modificación genética para obtener un ciclo de crecimiento apropiado de modo que la duración de los períodos vegetativo y reproductivo estén bien correlacionados con el abastecimiento de agua o con la ausencia de peligros para el cultivo. Las fechas de siembra, floración y maduración son importantes para ajustar el período de máximo crecimiento del cultivo con el momento en que el déficit de la presión de saturación de vapor es bajo. Los períodos de máximo crecimiento del cultivo pueden ser optimizados por medios genéticos. Un sistema radical

# Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

## Recuadro 5 Impacto real del agua virtual sobre el ahorro de agua

Fuente: Renault, 2003; Zimmer y Renault, 2003

El intercambio de agua virtual por medio del comercio de alimentos llamó la atención de los expertos por primera vez en el Cercano Oriente, una región en la que el agua es escasa (Allan, 1999) y en la que las importaciones tienen un considerable peso en el ahorro de agua. El valor del agua virtual de un producto alimenticio es el inverso de la productividad del agua. Es definido como la cantidad de agua por unidad de alimento que es o que podría ser consumido durante su proceso de producción.

El comercio del agua virtual genera un importante ahorro de agua en los países importadores. Por ejemplo, el transporte de un kilo de maíz desde Francia (tomado como representativo de los países exportadores de maíz para la productividad de agua) a Egipto transforma una cantidad de agua de cerca  $0,6 \text{ m}^3$  en  $1,12 \text{ m}^3$ , lo cual representa globalmente un ahorro de agua de  $0,52 \text{ m}^3$  por cada kilo comercializado. En el año 2000, las importaciones de maíz en Egipto y la transferencia virtual de agua que esto implica generaron un ahorro global de agua de cerca de 2 700 millones de  $\text{m}^3$ . El ahorro real global de agua es importante; una primera estimación muestra que los ahorros de agua debidos a la transferencia virtual de agua obtenidos por medio del comercio de alimentos ascienden a 385 000 millones de  $\text{m}^3$  (Oki et al., 2003).

El almacenamiento de alimentos también genera ahorros reales de agua. Por ejemplo, en Siria, 1988 fue un buen año para la producción de cereales con rendimientos de alrededor de  $1,6 \text{ t/ha}$ , lo que originó un exceso de alimentos al almacenarse 1,9 millones de toneladas de cereales. El año siguiente fue muy seco y el rendimiento de cereales cayó a  $0,4 \text{ t/ha}$ . Cerca de 1,2 millones de toneladas de cereales fueron retirados del almacenamiento para complementar la producción interna y las importaciones. En base a la productividad del agua registrada en esos años (Oweis, 1997), el valor estimado del agua virtual fue de 1 y  $3,33 \text{ m}^3/\text{kg}$ , respectivamente. Por lo tanto, el uso de 1,2 millones de toneladas de cereales del almacenaje en 1989 es equivalente a 4 000 millones de  $\text{m}^3$  de agua virtual. Para los dos años de referencia (1989-1990), cerca de 2 800  $\text{m}^3$  de agua fueron ahorrados por la capacidad de almacenamiento de alimentos.

Globalmente, el comercio virtual de agua está aumentando rápidamente. Se incrementó en valor absoluto, desde  $450 \text{ km}^3$  en 1961 a  $1\ 340 \text{ km}^3$  en el 2000, llegando al 26 por ciento del requerimiento total de agua para la producción de alimentos, incluyendo la equivalencia de los productos marinos. Este valor es compartido igualmente entre productos con energía, grasas y proteínas.

genéticamente modificado para favorecer el crecimiento de raíces más profundas contribuye a que el cultivo escape de las sequías y a un efectivo uso del agua almacenada en el perfil del suelo. El escape a la sequía y la mayor tolerancia a la misma también son estrategias importantes para aumentar la productividad del agua (Recuadro 5). Las variedades insensibles al largo del día de corta o mediana duración (90-120 días) han permitido que variedades de cultivos como el trigo, el arroz y el maíz desarrolladas como parte de la Revolución Verde incrementen la productividad del agua escapando a las sequías al final de la estación que afectan adversamente la floración y el desarrollo del grano. Las variedades modernas de arroz tienen rendimientos de productividad del agua cerca de tres veces mayores que las variedades tradicionales (Tuong, 1999). El progreso para extender estos logros a otros cultivos ha sido considerable y será

probablemente acelerado siguiendo la reciente identificación de los genes responsables de los mismos (Bennett, 2003). La ingeniería genética, si está debidamente integrada con los programas de fitomejoramiento y es aplicada de manera segura, puede también contribuir al desarrollo de variedades tolerantes a la sequía y a incrementar la eficiencia del uso del agua.

## INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA A NIVEL DE CAMPO

Las prácticas mejoradas a nivel de campo se relacionan con cambios en el manejo de los cultivos, el suelo y el agua, incluyendo la selección de especies y cultivares apropiados, los métodos de siembra (por ejemplo, en parcelas elevadas), la labranza mínima, el riego sincronizado para la aplicación del agua en los períodos más sensitivos del crecimiento, el manejo de los

## Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

Lámina 9 Modelo de finca integrada con piscicultura. Combinación de estanques para peces con cría de patos (Laos)



FAO/20906/K. PRATT

nutrientes, el riego por goteo y el mejoramiento del drenaje para el control de la capa freática.

La pérdida de agua ocurre cuando esta se evapora del suelo húmedo, del agua estancada entre los surcos y antes del establecimiento de los cultivos. Todas las prácticas culturales y agronómicas que reducen estas pérdidas, tales como las diferentes distancias de siembra y la aplicación de cobertura al suelo, contribuirán a mejorar la productividad del agua. El método de riego también afecta las pérdidas por evaporación; por ejemplo, el riego por goteo causa menos humedecimiento del suelo que el riego por aspersión. El significado del mejoramiento del suelo en el fortalecimiento de la productividad del agua es a menudo ignorado, pero las prácticas de manejo integrado de cultivos y recursos, tales como el mejor manejo de los nutrientes, pueden incrementar la productividad del agua elevando proporcionalmente el rendimiento de los cultivos más de lo que aumenta la evapotranspiración. Este principio se aplica tanto a la agricultura de secano como a

aquella bajo riego. El manejo integrado de malezas y plagas también ha contribuido efectivamente al aumento de los rendimientos.

Uno de los métodos usados en el campo para aumentar la productividad del agua es el riego deficitario en el cual se aplica deliberadamente menos agua que la necesaria para satisfacer totalmente la demanda de agua de los cultivos. El riego deficitario debería resultar en una pequeña reducción del rendimiento que es menor que la concomitante reducción de transpiración; esto causa, por lo tanto, una ganancia de la productividad de agua por unidad de agua transpirada. Además, podría reducir los costos de producción si fuera posible eliminar uno o más riegos. Para que el riego deficitario tenga éxito los agricultores necesitan conocer el déficit que se puede permitir en cada una de las etapas del crecimiento, el nivel de estrés de agua que existe en la zona radical y, sobre todo, tener un buen control del tiempo y cantidad de aplicación. El riego deficitario conlleva considerables riesgos para los

## Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

agricultores cuando el abastecimiento de agua es incierto como en el caso de la lluvia o de un abastecimiento de agua de riego poco confiable. Cuando la disponibilidad de agua está por debajo de ciertos niveles, el valor del cultivo puede llegar a ser nulo, ya sea porque el cultivo muere o porque el producto es de tan baja calidad que no puede ser comercializado. Si el agua fuera escasa, el agricultor podría reducir el riego en forma apropiada como para maximizar el retorno del agua, siempre que tenga el control del tiempo y la cantidad de riegos. Este grado de flexibilidad es, por lo general, el caso que se encuentra con el riego por aspersión y por goteo y con el bombeo del agua subterránea, si el agricultor es propietario de la bomba. Un sistema de entrega de agua completamente flexible para el riego en cobertura en los grandes sistemas de riego es sumamente costoso porque hay un alto costo de transporte del exceso de agua necesaria.

El equilibrio entre menores rendimientos y mayor productividad del agua debe ser cuantificado en términos económicos antes de que el riego deficitario (y otros sistemas de ahorro de agua de riego en el cultivo del arroz) puedan ser recomendados.

La relativamente baja productividad del agua en el cultivo del arroz que se ha citado anteriormente es debida sobre todo a la alta percolación de la capa de agua que cubre la superficie del campo. Sin embargo, esta agua a menudo es reciclada y la productividad del agua en el cultivo del arroz se compara con las de otros cereales de secano. De cualquier manera, las técnicas de ahorro de agua de riego, tales como la labranza del suelo saturado y el humedecimiento y secado alternados, pueden drásticamente reducir el flujo de agua improductiva e incrementar la productividad del agua. Sin embargo, estas técnicas conducen, por lo general, a alguna pérdida de rendimientos en el caso de las variedades de arroz de alto rendimiento actualmente disponibles para tierras bajas (**Recuadro 6**). Sin embargo, algunos experimentos están encontrando importantes incrementos de rendimiento en variedades locales (Deichert y Saing Koma, 2002) usando una técnica conocida como sistema de intensificación del arroz (SRI), originada en Madagascar (de Laulanié, 1992). En este caso tampoco hay una respuesta única y la adaptación a la capacidad y recursos locales es la característica más importante del proceso. Sin anticipar los resultados de la investigaciones en

### Recuadro 6 Tecnologías para el ahorro de agua en el cultivo de arroz

Fuente: IRRI, 2002

Para apoyar la seguridad alimentaria en Asia es fundamental explorar nuevas formas de producción de arroz utilizando menos agua al mismo tiempo que se protege el ambiente. El Centro Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI) ha estudiado varias tecnologías a nivel de campo para el ahorro del agua tales como alternancia del humedecimiento y el secado del terreno, sistemas de intensificación de arroz, labranza del suelo saturado, arroz aeróbico y sistemas de cobertura del suelo. Cada una de estas tecnologías reduce una o más de las pérdidas improductivas de agua (p. ej., filtrado, percolación y evaporación) y, por lo tanto, aumenta la productividad del agua. Sin embargo, también introduce períodos en los cuales el suelo no es inundado o ni siquiera saturado, lo cual por lo general conduce a una declinación de los rendimientos. Los recientes resultados obtenidos en el norte de China y en las Filipinas indican que con las tecnologías y recursos genéticos disponibles actualmente, los rendimientos del arroz aeróbico son de cerca del 40 por ciento menores y reduce los requerimientos de agua en un 60 por ciento, comparado con los sistemas inundados.

El cambio de sistemas inundados a condiciones parcialmente aeróbicas (no saturadas) tiene un importante efecto sobre la reposición de la materia orgánica del suelo, la dinámica de los nutrientes, la captura de carbono, la ecología de las malezas y las emisiones de gas de invernadero. Mientras que algunos de esos cambios son positivos, otros, tales como la emisión de óxido nitroso y la declinación de la materia orgánica, son considerados negativos. El desafío es equilibrar los efectos negativos y positivos por medio del desarrollo de tecnologías integradas y efectivas de ahorro de agua que aseguren la sostenibilidad de los ecosistemas basados en el arroz y los servicios ambientales.

# Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

**Recuadro 7** Un proyecto de conservación de suelos y aguas en Burkina Faso *Fuente: Oweiss et al., 1999*

Hasta inicios de la década de 1980, la mayor parte de los proyectos de conservación de suelos y aguas que se habían llevado a cabo en Burkina Faso había fracasado. Entre 1962 y 1995 se utilizó maquinaria pesada para trabajar en cuencas de la región de Yatenga en la Meseta Central del país y construir camellones de tierra. Si bien el proyecto que trabajó en 120 000 hectáreas en 2,5 estaciones secas había sido concebido en forma técnicamente correcta, los usuarios de la tierra no participaron y no se interesaron en lo que había sido construido. Entre 1972 y 1986 varias agencias donantes apoyaron un proyecto de conservación de suelos y aguas basado en un enfoque participativo, pero en este caso los usuarios de la tierra no estaban dispuestos a mantener los camellones de tierra en razón de las dificultades encontradas en su mantenimiento, la falta de beneficios y otras razones. Como resultado, la mayoría de los camellones desapareció en un plazo de tres a cinco años.

Un proyecto de agroforestería apoyado por una ONG (1979-1981) en la región de Yatenga probó un cierto número de técnicas simples de conservación de suelos y aguas y de captura de agua y pidió a los agricultores que evaluaran las técnicas. Los agricultores mostraron preferencias por los camellones de piedra en contorno. El proyecto también capacitó a los agricultores por medio de programas específicos a nivel de aldea para el uso de los niveles de tubo de agua permitiéndoles trazar las líneas de contorno en forma más segura. En Yatenga y en otros lugares de la Meseta Central se han sido construido ahora con los camellones de piedra en contorno.

La principal razón por la cual los agricultores adoptaron espontáneamente los camellones de piedra en contorno y los pozos tradicionales de siembra -una tecnología desarrollada por un agricultor en una de las aldeas en la cual se mezclaban el agua y los fertilizantes- es que se produjeron inmediatamente incrementos importantes en los rendimientos. Se estima que la construcción de camellones de piedra en contorno en las tierras que están en cultivo, incrementa los rendimientos en 40 por ciento.

curso en otros países, parecería que el potencial de las técnicas de SRI para incrementar la productividad de los agricultores de menores recursos de tierras y aguas es importante siempre que el agricultor cuente con disponibilidad de mano de obra familiar. Se están buscando otros enfoques para incrementar la productividad del agua sin sacrificar el rendimiento; uno de estos es desarrollar nuevas variedades para los sistemas aeróbicos de arroz que permiten su cultivo en condiciones no inundadas. El desarrollo de estas nuevas variedades de arroz es esencial si se desea cultivar el arroz en zonas de secano y se intenta evitar la percolación que ocurre cuando se cultiva arroz bajo riego.

Los problemas relacionados con el agua en la agricultura de secano a menudo están relacionados con la gran variabilidad espacial y temporal de las lluvias, antes que con los bajos volúmenes de acumulación de la misma. Los resultados generales de la impredecibilidad de las lluvias son un alto riesgo para las sequías meteorológicas y los períodos secos

interestacionales (Rockstrom *et al.*, 2003). El hecho de cubrir los déficits de agua durante los períodos secos cortos con riego suplementario estabiliza la producción e incrementa tanto la producción como la productividad del agua, siempre que el agua sea aplicada en los momentos más sensibles del crecimiento de las plantas.

La captura de agua para la agricultura requiere un embalse para su almacenamiento mientras que en el caso de la agricultura que usa la escurrentía, esta es aplicada directamente al área cultivada. De cualquier manera, las inversiones en la construcción de canales que recogen la escurrentía y la conducen a los embalses y a los canales de salida de los embalses son relativamente pequeñas. El mantenimiento de esas estructuras puede ser más difícil si ocurren lluvias erosivas fuertes y periódicas. Muchos factores afectan el éxito de la captura de agua, incluyendo la forma en que se recolecta y almacena la escurrentía, la topografía, las características del suelo -especialmente la tasa de infiltración- la

Lámina 10 Miembros del comité de la aldea de Ankofafa protegiendo un campo de maíz (Madagascar)



FAO/17418H. WAGNER

elección de los cultivos a sembrar, la disponibilidad de fertilizantes y la efectividad de la capa superior del suelo en el área de la cuenca. Pero, probablemente, más importante que cualquiera de esos parámetros físicos, es la participación de los beneficiarios en el diseño e implementación de las estructuras de captura de agua (**Recuadro 7**).

Las evaluaciones socioeconómicas de la captura de agua y del riego suplementario son poco frecuentes. Se reconoce que el aumento sostenible de la productividad del agua por medio de la captura de agua puede obtenerse solamente por medio de una combinación de capacitación de los agricultores, conservación de aguas, riego suplementario, mejor selección de los cultivos, prácticas agronómicas mejoradas e intervenciones políticas e institucionales. La planificación –y la evaluación económica– deberían considerar explícitamente los efectos a corto plazo y las implicaciones a largo plazo de los cambios hidrológicos generados por la captura de agua sobre los usuarios aguas abajo.

En este trabajo se han mencionado un cierto número de prácticas que presentan un cierto potencial para fortalecer la productividad del agua. El problema actual es como puede ser estimulada la adopción de esas tecnologías y su adaptación a las condiciones locales. La importancia de la participación y la concesión de fuerza legal a los agricultores por medio de las asociaciones de usuarios de agua en el manejo del riego ha sido bien establecida. Sin embargo, son menos conocidas las posibilidades y las ventajas de utilizar esas asociaciones con el propósito de introducir colectivamente prácticas culturales mejoradas tales como la labranza mínima o las parcelas elevadas. La adopción de prácticas de fortalecimiento de la productividad del agua debería ser estimulada por medio de intervenciones a nivel comunitario a fin de asegurar que la diversión del agua no utilizada pueda ser destinada a otros usos productivos y no se pierda.

## CONTRIBUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA A NIVEL DE SISTEMA Y CUENCA

El cambio del enfoque de nivel de campo a nivel de sistema y cuenca hídrica cambia la importancia relativa de los distintos procesos de manejo del agua. En gran escala, el efecto de la agricultura sobre otros usuarios del agua, la salud humana y el ambiente son tan importantes como los problemas de la producción.

Las opciones para mejorar la productividad del agua a nivel agroecológico o de cuenca hídrica se encuentran, por ejemplo, en una mejor planificación del uso de la tierra, un mejor uso de los pronósticos meteorológicos a mediano plazo, un mejor programa de riego de acuerdo con la variabilidad de las lluvias y el manejo conjunto de varias fuentes de agua, incluyendo de las aguas de menor calidad. Por lo tanto, la integración del fitomejoramiento y el manejo de los recursos es fundamental para el fortalecimiento de la productividad del agua a nivel de campo o a más altos niveles.

Es posible obtener ganancias en la productividad del agua proporcionando equipos de riego más confiables, por ejemplo, con la introducción de tecnología de precisión y de equipos según las necesidades (Capítulo 6). Sin embargo, un aumento de la productividad del agua puede o no resultar en mayores beneficios sociales o económicos. Los beneficios sociales están representados por los beneficios para la sociedad que se originan a partir de una mayor productividad del agua. El agua en las áreas rurales de los países en desarrollo tiene múltiples usos. Por ello, el agua es un bien público y social, un hecho que complica el cálculo de los valores. Esos múltiples usos del agua incluyen la producción de madera, leña y

fibras, la piscicultura y la ganadería. Los usos no-agrícolas incluyen los usos domésticos –agua potable, higiene– y los usos ambientales.

Un estudio del IWMI sobre un sistema de riego en Kirindi Oya, Sri Lanka, ilustra la importancia de las múltiples funciones del agua en la agricultura (Renault *et al.*, 2000). Se encontró que los cultivos a nivel de sistema consumían solamente el 23 por ciento del abastecimiento total de agua, incluyendo el agua de lluvia y el agua para riego de origen externo. El agua restante fue usada en un 8 por ciento para tierras de pastoreo, 6 por ciento se evaporó del embalse, 16 por ciento llegó al mar, 3 por ciento drenó en las lagunas y cerca del 44 por ciento fue absorbido por las especies perennes que se desarrollaron después de la construcción del esquema de riego. La vegetación perenne apareció como consecuencia de las filtraciones de agua y la recarga de las aguas subterráneas poco profundas. El crecimiento de los árboles es importante para la población que habita en esa área porque proporcionan sombra y mejoran su ambiente. En este proyecto así como en muchos lugares del sur de la India también se obtienen ingresos de los cocoteros: materiales para construcción, maderas y cuerdas; hay otros árboles frutales importantes que también proporcionan valores alimenticios adicionales y algunos son de gran importancia por sus propiedades medicinales. El cambio para el control total del riego a fin de aumentar la productividad del agua podría causar el colapso de todo el sistema local agroforestal (FAO, 2002d).

Otro ejemplo de los beneficios económicos y sociales de la agroforestería se aprecia en un proyecto a lo largo del río Níger en Malí, donde se plantaron árboles en los camellones de los

# Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

## Recuadro 8 Beneficios del riego tradicional por inundación comparado con la agricultura en gran escala bajo riego

Fuente: IUCN, 2000

El valor estimado del uso de las tierras inundadas de Hadejia-Jama'ara en el norte de Nigeria indica que las prácticas tradicionales proporcionan mayores beneficios que los cultivos cultivados en el proyecto de riego de Kano. Los beneficios derivados de la leña, la agricultura de recesión, la pesca y el pastoreo del ganado fueron estimados en dólares EE.UU. 12/lt de agua, comparados con dólares EE.UU. 0,04/lt para los beneficios del proyecto de riego. Esta evaluación es importante para la región ya que más de la mitad de las tierras inundables han sido desecadas o convertidas en grandes embalses.

Aún sin contar los servicios al ambiente tales como el hábitat para la fauna silvestre, las tierras inundables en su estado actual son más valiosas para más personas en lugar de su conversión a la agricultura bajo riego en gran escala.

campos de arroz e incluso dentro del arrozal sin afectar los rendimientos del cultivo. En esta parte remota y árida de Malí, el valor de los postes de *Eucalyptus* de siete años fue tan alto que los agricultores pudieron pagar la operación y el mantenimiento del sistema de riego con el producto de su venta. En otro sistema de riego en el sudoeste de Burkina Faso, la palma aceitera y los árboles frutales fueron combinados exitosamente con los cultivos regados, principalmente maíz, maníes y tomates para la industria. Los árboles fueron plantados en lomos o en los bordes entre las parcelas. En los suelos arenosos de fácil percolación del sistema de riego, los árboles produjeron una importante cantidad de alimentos e ingresos complementarios mientras que el impacto sobre el cultivo principal fue mínimo (FAO, 2002d). En el Recuadro 8 se describe un caso donde la agricultura tradicional presentó mayores beneficios para la sociedad que los esquemas de riego en gran escala.

Estos ejemplos señalan que no todas las medidas que se tomen para incrementar la productividad del agua son apropiadas para todas las circunstancias. En cambio, es fundamental considerar los distintos usos del agua en la agricultura antes de introducir nuevas medidas que pudieran incrementar la productividad del agua a expensas de otros

beneficios a partir de la misma fuente de agua de la cual se sirve especialmente la población de menores recursos del área.

## HERRAMIENTAS POLÍTICAS PARA PROMOVER GANANCIAS POR MEDIO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

El uso de políticas de precios para promover la productividad económica del agua requiere una importante intervención gubernativa para asegurar la equidad del acceso al agua y para que los problemas del público sean adecuadamente resueltos (Barker *et al.*, 2003; Rogers *et al.*, 2002). Algunos estudios en el subcontinente hindú y en otros lugares han sugerido que el precio del agua necesario para afectar la demanda debería ser de alrededor 10 veces el costo requerido para cubrir las operaciones y el mantenimiento del sistema de riego. Un pago suficiente para cubrir las operaciones y el mantenimiento podría tener un efecto mínimo sobre la demanda de agua. Además, la introducción del pago por volumen para el agua de riego es complejo e involucra considerables gastos para la instalación de contadores y su infraestructura y para la prevención de fraudes (Perry, 2001). Por último, en Asia, en muchos sistemas de producción basados en el arroz, el cobro del agua por volumen a los usuarios individuales o incluso a los grupos de usuarios es inadecuado ya que hay una salida

## Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua

permanente de agua y su reciclaje a través de toda el área del sistema de riego.

El mercado del agua subterránea en la India ilustra el impacto no intencional de las políticas gubernamentales sobre la disponibilidad de agua para los agricultores y otros usuarios del agua. En Gujarat los agricultores pagaron cuatro veces más que en Punjab y en Uttar Pradesh por el agua bombeada. Esta diferencia fue atribuida a: i) la diferente forma en que se cobraba a los agricultores la energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas (pago único vs. unidad consumida); ii) la política del distanciamiento de los pozos que dio un monopolio de 203 hectáreas a cada propietario de pozos y iii) la escasez de pozos públicos lo cual redujo la competencia entre los abastecedores de agua. Los altos precios del agua de pozo en Gujarat fueron discriminatorios para los pequeños agricultores de menores recursos. Sin embargo, algunos cambios simples en la política de aguas referidas al precio del agua, al distanciamiento de los pozos y a la disponibilidad de los pozos públicos podrían transformar el mercado del agua subterránea en Gujarat en un poderoso instrumento para el desarrollo de los pequeños agricultores (Shah, 1985).

El hecho de tener como objetivo la mayor productividad económica del agua en la agricultura podría entrar en conflicto con los objetivos de la política nacional sobre seguridad alimentaria. Frecuentemente, la productividad económica del agua en el cultivo de los alimentos básicos es menor que en el cultivo de hortalizas o flores para los mercados de exportación. La sustitución de los cultivos involucra cambios de especies que consumen gran cantidad de agua y que son reemplazadas

por otras de menores necesidades hídricas o de mayor productividad económica. Este enfoque proporciona una estrategia para incrementar la productividad del agua de los cultivos a nivel de sistema agroecológico así como también a nivel global (**Recuadro 5**).

Las políticas y los incentivos son importantes para la adopción de cambios en las prácticas agronómicas y culturales tradicionales (FAO, 2001a). Sin embargo, es necesario identificar que tipo de políticas e incentivos serán los mejores. La experiencia con la agricultura de conservación indica que los intereses a corto plazo de los agricultores difieren de los intereses a largo plazo de la sociedad y que los beneficios financieros que se generan con los cambios en prácticas culturales por lo general necesitan un largo tiempo para materializarse. Además, aunque hay grandes diferencias entre las fincas individuales, los factores externos tales como la transmisión de la información por medio de actividades relacionadas con las políticas y los procesos sociales también cumplen una función importante. Un elemento a considerar es el hecho de que los resultados muchas veces son inconsistentes y algunas veces contradictorios con los estudios hechos sobre la adopción de nuevas prácticas, lo que sugiere que el proceso de toma de decisiones es altamente variable. Este proceso debería ser mejor comprendido ya que afectará la duración del proceso desde el momento de los estudios hasta la práctica en el campo. El tiempo que insume este proceso en la actualidad es por lo general inaceptablemente prolongado, considerando la urgencia de los problemas causados por la escasez de agua. La experiencia recogida de la investigación y extensión participativas puedan ayudar a reducir la duración de esos procesos.





# capítulo 4

## Manejo del riesgo en el uso del agua en la agricultura

### LA NATURALEZA DEL RIESGO

La vulnerabilidad a la sequía varía de país a país, dependiendo *inter alia* del estado de desarrollo. Los sistemas económicos en las primeras etapas de transición de la agricultura de subsistencia a una economía moderna y productiva son particularmente vulnerables, sobre todo en la agricultura de secano. A pesar de lo que se ha sostenido, el tipo de lluvias sobre África no ha cambiado significativamente en el último siglo. En particular, el Sahel, el Cuerno de África y los países alrededor del desierto de Kalahari se caracterizan por la variabilidad de las lluvias entre las estaciones y entre los años. Los años buenos y los años malos no ocurren al azar sino que tienden a estar agrupados, lo que tiene importantes implicaciones para la seguridad alimentaria ya que el agua y los alimentos deben ser almacenados durante largo tiempo para las necesidades de los años de penurias.

El riesgo es definido como el producto de la casualidad y la vulnerabilidad. En otras palabras, se relaciona con la probabilidad de un evento negativo tal como la sequía y las consecuencias previsibles de la ocurrencia de tal evento. El riesgo de guerras y la resultante inseguridad alimentaria son difíciles de predecir y no serán consideradas en este documento. En lo que se refiere a la agricultura, la amenaza climática más común es la sequía. A escala global, este riesgo es mucho mayor que el de los ciclones, inundaciones y tormentas; sin embargo,

considerando el problema en base regional hay áreas donde el riesgo de inundaciones excede al de las sequías. La sequía representa uno de las causas más importantes de malnutrición y hambre. Las sequías pueden ser controladas a nivel de las parcelas por medio de varias decisiones de manejo a nivel de cuenca y a nivel nacional. Las primeras decisiones corresponden a los agricultores o a las colectividades agrícolas mientras que las decisiones a nivel de cuenca y a nivel nacional deben ser tomadas por los gobiernos o agencias estatales.

Según Gommès (1999) el riesgo es también definido más simplemente como la pérdida debida a un evento perjudicial. La ventaja de esta definición es que puede ser materializada y medida fácilmente (p. ej., pérdida de producción agrícola, pérdida de ingresos). Un riesgo aceptable es aquel que los individuos, los comerciantes o los gobiernos están dispuestos a aceptar en cambio de los beneficios recibidos. Los gobiernos locales por lo general definen el nivel de riesgo aceptable considerando la información sobre los riesgos de sequías y combinando este riesgo con factores económicos, sociales y políticos en el área en peligro.

Los conflictos son un riesgo siempre presente y constituyen una de las causas más comunes de inseguridad alimentaria. El desplazamiento de la población y la desarticulación del sistema agrícola de producción y de distribución de alimentos deja

a decenas de millones de personas a riesgo de hambre y carestía. Del mismo modo, la inseguridad alimentaria puede llevar a exacerbar los conflictos (FAO, 2002a). De acuerdo a la FAO el conflicto en el África subsahariana llevó a pérdidas de casi dólares \$EE.UU. 52 000 millones en la producción agrícola entre 1970 y 1997, una suma equivalente al 75 por ciento de toda la asistencia oficial para el desarrollo recibida por los países afectados por el conflicto. El conflicto, combinado con la sequía, generó seis de las siete mayores hambrunas desde 1980. Las alertas tempranas y la respuesta a las mismas pueden prevenir las carestías que se originan en las sequías y otros desastres naturales. En las zonas de guerra, la falta de seguridad y la desorganización de los transportes y las redes sociales impide la entrega de ayuda de emergencia. Sin embargo muchos otros factores contribuyen también a la inseguridad alimentaria, incluyendo la ilegalidad, la falta de democracia, las divisiones étnicas y religiosas, la degradación y el agotamiento de los recursos y la presión demográfica (FAO, 2002a).

## ESTRATEGIAS DE MANEJO DEL RIESGO EN LA AGRICULTURA

A partir de la definición de riesgo, existen dos formas principales de proceder a su minimización, o sea reduciendo las causas o reduciendo la vulnerabilidad. Las formas de minimizar las causas son pocas y pueden incluir la provocación de lluvias, evitar las granizadas y manejar las cuencas de modo de limitar las inundaciones. Las formas de minimizar la vulnerabilidad pueden incluir el desarrollo de facilidades para riego superficial –incluyendo el bombeo desde corrientes de agua– y el riego con aguas subterráneas, el manejo integrado de los recursos hídricos, el desarrollo del ecosistema y su diversificación, la educación y la capacitación de los agricultores, los sistemas de alertas tempranas, el pronóstico estacional del clima y los seguros de los cultivos.

Los sistemas de alertas tempranas y los pronósticos estacionales del tiempo están cada

### Recuadro 9 Aplicación de la información climática

Fuente: Sarachik, 1999; Hansen, 2002; Ingram et al., 2002

Una aplicación de la información climática es el uso de esa información para cambiar o influenciar las decisiones que conciernen futuras acciones. No es posible predecir el clima futuro con absoluta seguridad. Por esta razón, las predicciones son y serán siempre expresadas en términos de probabilidades de ocurrencia. Como con cualquier otro esquema de probabilidades, los beneficios se pueden alcanzar solo después de una larga serie de ensayos. La necesidad de pensar y actuar en términos de estrategias según las probabilidades es uno de los mayores obstáculos para la aplicación de la información de los pronósticos.

Desde el momento que los objetivos públicos son múltiples, a menudo no es claro que es optimizado por medio de la aplicación de la información climática y para que subgrupo del público está dirigido. Un ejemplo se encuentra en el manejo de los recursos públicos de aguas donde las prioridades de la calidad del agua, el uso recreacional, el deseo de evitar inundaciones y las necesidades del sector agrícola pueden entrar en conflicto entre ellos, tal como ocurre frecuentemente. Las entrevistas con los gestores de agua indican que la información climática raramente es usada aún cuando está fácilmente disponible. Una razón para este rechazo por parte de quienes toman decisiones puede ser el riesgo que existe en tomar acciones nuevas que puedan eventualmente fracasar. El castigo que puede resultar de ese fracaso podría contrarrestar lo que se ganara con el éxito de esa actividad.

Mientras que los gestores del agua pueden estar interesados en la lluvia total de una estación, los agricultores han expresado más interés en obtener pronósticos sobre la fecha de la primera y la última lluvia y si habrá periodos secos durante las mismas. Un tema preocupante para la diseminación de los pronósticos climáticos a los agricultores es como evitar posibles desastres que pudieran surgir si el pronóstico fuera «incorrecto». En sentido estricto, una probabilidad de pronóstico no es ni correcta ni incorrecta. De cualquier manera, los agricultores podrían invertir recursos según un pronóstico que predice una probabilidad de lluvia mayor de lo normal y, consecuentemente, si la lluvia es inferior a lo normal, perder esa inversión y aún más. Estas barreras para la adopción de la información climática por parte de los gestores del agua y de los agricultores será vencida solamente cuando se demuestre que las predicciones son correctas.

vez más fácilmente disponibles para proporcionar información en el momento oportuno a los gobiernos y a las agencias internacionales de ayuda. Sin embargo, la capacidad para efectuar pronósticos estacionales es aún imperfecta y los pronósticos no están aún disponibles para los agricultores (FAO, 2002d); si estos pronósticos estuvieran disponibles cuando hubiera predicciones de sequías podrían ayudar a elegir cultivos con menores necesidades de agua, por ejemplo, sorgo en lugar de maíz. **(Recuadro 9)**.

En ausencia de información confiable acerca de las lluvias estacionales esperadas, algunos agricultores tenderán a aceptar el riesgo en anticipación de un mayor provecho mientras que otros tenderán a evitar el riesgo aún cuando exista el potencial para una mayor ganancia. La aceptación o el rechazo del riesgo es una característica personal y cultural.

La evolución histórica de la agricultura bajo riego fue una respuesta para reducir el riesgo de los fracasos de los cultivos en tierras que estaban sometidas a sequías periódicas tales como las cuencas de los ríos Eufrates y Tigris. En los capítulos anteriores se mencionaron muchas prácticas agronómicas y culturales que podían aliviar el impacto de las sequías y de ese modo reducir el riesgo del fracaso de los cultivos y la inseguridad alimentaria.

Las prácticas culturales y el manejo del campo proporcionan varios medios para el manejo del suelo y el agua (Gommes, 1999). Las estrategias de la agricultura de secano se basan en la producción de más alimentos por unidad de lluvia en forma continua, recolectando la máxima cantidad posible de lluvia a nivel comunitario, de finca y de parcela, minimizando las pérdidas de agua y usando eficientemente el

agua en la parcela. La recolección de la cantidad máxima de lluvia puede involucrar tanto al estado como a las organizaciones de agricultores –captura de agua, uso de agua reciclada procedente de otros sectores– o a los agricultores por sí solos, capturando agua en la finca, reduciendo la escorrentía en las parcelas, sembrando temprano, usando sistemas de cultivo en barbecho u otros. La minimización de las pérdidas de agua involucra a los agricultores que reducen la evaporación por medio de la rápida cobertura del suelo, con cortinas rompevientos, por medio de la labranza mínima, o por el control de malezas. El uso eficiente del agua requiere la participación de los agricultores con especies que consumen menos agua, fertilización adecuada a la disponibilidad de agua, control de plagas y enfermedades, momento óptimo de siembra, variedades seleccionadas para cumplir su ciclo dentro del período climático de crecimiento y otras herramientas similares del manejo agrícola.

El riesgo puede ser reducido considerablemente mientras que la ganancia esperada se reduce en menor grado por medio de la elección de una combinación de alternativas en lugar de una sola opción. Por ejemplo, un agricultor en un área de agricultura de secano como en Machakos, Kenya, donde un cultivo medio de maíz puede tener buenos rendimientos en una cosecha cada cuatro, podría optar por sembrar un cuarto de su predio con maíz cada año. La realidad es más compleja ya que no solo el total de la lluvia estacional sino también su distribución durante la temporada de crecimiento tienen influencia importante sobre el rendimiento del cultivo.

Las estrategias citadas permiten el uso mejorado del agua disponible a nivel de las

parcelas. Más aún, la agricultura tradicional mira a una producción estable antes que a una producción máxima. Los agricultores satisfacen estos objetivos por medio de la diversificación de la producción y de prácticas de bajos insumos que no presuponen mayores inversiones de dinero en efectivo. Las asociaciones entre agricultores, por ejemplo a nivel de aldeas o dentro de grupos de agricultores, pueden reducir el riesgo de la baja producción.

### DISPERSIÓN DEL RIESGO

El seguro de los cultivos constituye un mecanismo para dispersar el riesgo por el cual el costo de los eventos climáticos es distribuido por medio de instituciones financieras entre otros sectores económicos y los gobiernos. Los ejemplos exitosos incluyen el seguro de los cultivos contra el impacto de los ciclones o las granizadas. El impacto de la sequía es mayor en los países en desarrollo que en los países desarrollados pero los agricultores en los países en desarrollo, en el mejor de los casos, tienen un acceso limitado al seguro. El costo del seguro para cultivos de valor relativamente bajo es por lo general inaccesible (FAO, 2002d).

Sin embargo, la dispersión del riesgo puede llevar a compartir el agua. El transporte de agua dentro de los países ha ocurrido por largo tiempo. Algunos canales fueron construidos para la navegación, otros para abastecer con agua potable a la población de las ciudades que no contaban con ese recurso y otros para propósitos agrícolas o varias combinaciones de estas causas. Los ejemplos más conocidos comprenden el esquema de *Snowy Mountain* en Australia y varios acueductos en California, Estados Unidos de América. Internacionalmente, el extenso sistema de canales que conecta las

ramas del Indo fue construido y financiado con recursos del Banco Mundial para asegurar la equidad al acceso del agua entre India y Pakistán después de su separación en 1947. China está desarrollando grandes esquemas de transporte de agua entre el sur del país y el norte densamente poblado y con escasez de ese recurso. La financiación e implementación en el futuro de esquemas costosos puede contribuir a reducir el riesgo de conflictos internacionales sobre el agua. Cuando los recursos hídricos son compartidos por varios países, como por ejemplo en la cuenca del Mekong, el Nilo, el Eufrates y el Tigris, existe un riesgo notorio de que la combinación del crecimiento de la población, la pobreza, la inseguridad alimentaria y la escasez de agua podrían conducir a conflictos sobre el agua. Los intentos actuales de mediación por medio del establecimiento de autoridades de las cuencas están dirigidos a reducir esos riesgos.

Lámina 11 Vista de una zona rural (Camboya)



FAO/19880/G. BIZZARRI



# Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos para la agricultura

## EL PROBLEMA DE LAS EXTERNALIDADES

La mayoría de los sistemas de producción, incluso en la agricultura, pueden tener consecuencias tanto positivas como negativas o externalidades que no son consideradas por los mercados. Los servicios ambientales positivos y negativos de la agricultura son consecuencia no intencional de actividades comerciales que tienen impacto sobre la población, además del impacto que tienen sobre el productor del efecto. Estos subproductos por lo general no están cotizados en el mercado y, por lo tanto, su valor económico es desconocido o de difícil evaluación. La consideración de todas las externalidades positivas de la producción agrícola es difícil. Hay casos en que el mismo fenómeno en las mismas circunstancias puede ser positivo y en otros casos negativo; o también puede ser apreciado positivamente por ciertos actores o negativamente por otros. Una externalidad negativa puede reducir un caso positivo y viceversa. Además, a menudo, externalidades positivas y negativas están estrechamente

conectadas tales como la salinidad del suelo y las oportunidades de mejorar el riego en la agricultura. Más aún, las externalidades positivas a menudo son ignoradas mientras que las negativas tienen amplia difusión. Un ejemplo conocido de una externalidad negativa es la pérdida de biodiversidad causada por el drenaje de los humedales para ser destinados a la agricultura (FAO, 2002d). Tales pérdidas se están acelerando ya que continúan los establecimientos humanos en las tierras húmedas y en los bosques (**Recuadro 10**).

Muchos sistemas agrícolas han sido eficientes transformadores de tecnologías, insumos no renovables y finanzas; pueden producir grandes cantidades de alimentos pero también pueden tener importantes impactos negativos sobre bienes fundamentales (Pretty, 1999). Estos bienes fundamentales comprenden no solo los recursos naturales del suelo y el agua *per se* sino también el reciclaje y la fijación de nutrientes, la formación del suelo, el control biológico, la captura de carbono y la polinización. Este

### **Recuadro 10** Desarrollo de los recursos hídricos fluviales: el caso del río Senegal

Fuente: FAO, 2001b

El río Senegal ilustra la complejidad de evaluar las externalidades ambientales. Cuando las represas fueron manejadas para el desarrollo hidroeléctrico, la producción ambiental y socialmente sostenible de las tierras inundables fue afectada en forma negativa. El manejo convencional de las grandes represas terminó con las inundaciones anuales de las cuales dependían los sistemas de producción. El agua del río fue retenida en un embalse aguas arriba y liberada solamente dependiendo de la demanda para la generación de electricidad. Este cambio en el funcionamiento del ecosistema no llevó solamente a la pérdida de los sistemas agrícolas tradicionales sino también a la desaparición de la biodiversidad local y migratoria que dependía de las extensas tierras inundables al borde del desierto. Hay abundantes ejemplos de la necesidad de compensar a las personas que son obligatoriamente reubicadas fuera del área de los embalses. Sin embargo, hay escasa información sobre la compensación recibida por las habitantes aguas abajo que no fueron forzados a reubicarse pero que no pudieron mantener los sistemas de producción que tenían antes de la construcción de las represas.

## Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos para la agricultura

Lámina 12 Tuaregs y bellas preparando el suelo para plantar *bourgou* (Mali)



FAO/11604/J. VAN ACKER

punto sugiere la pregunta de que es lo que constituye el éxito en la agricultura si los grandes beneficios del aumento de rendimiento se obtienen generando serios problemas ambientales y sanitarios. Un problema básico es que los beneficios y los costos son recibidos por distintas personas y no son medidos en las mismas unidades. En las décadas de 1970 y 1980 algunas personas consideraron que la energía podía ser la medida común. Sin duda, los sistemas sostenibles son mucho más eficientes en el uso de la energía que los sistemas modernos que usan gran cantidad de insumos. La producción de arroz de secano con bajos insumos en Bangladesh y China puede producir entre 1,5 y 2,6 kilos de cereal por megajoule (MJ) de energía consumida, lo cual es entre 15 y 25 veces más eficiente que el arroz regado producido en los Estados Unidos de América o en Japón. Promedialmente, los sistemas sostenibles producen 1,4 k/MJ de cereal comparado con solo 0,26 kg/MJ de los sistemas convencionales. Los modernos sistemas agrícolas dependen sobre todo de insumos

externos, en particular de combustibles fósiles y en muchos países industrializados la energía es menos costosa que la mano de obra. Por ello, aparece como algo racional abusar de los recursos naturales y reducir el uso de la mano de obra. El resultado ha sido contrario, causando problemas e inconvenientes a largo plazo sobre el ambiente (Pretty, 1999). Si bien en muchos países en desarrollo la mano de obra es menos costosa que la energía, la agricultura ha tenido, de cualquier manera, algunos efectos negativos sobre el ambiente. En relación a sus implicaciones políticas, las externalidades ambientales de la agricultura operan a diferentes escalas geográficas. Por ejemplo, la captura de carbono se aprecia a escala mundial –una externalidad positiva– pero la salinización de un acuífero en una cuenca se aprecia a escala local –una externalidad negativa.

La aplicación de principios tales como «quien contamina paga», o recobrar y compartir los costos pueden no ser realistas ni prácticos o políticamente desastrosos en los países donde

# Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos para la agricultura

hay millones de pobres y los pequeños agricultores están tratando de vivir explotando tierras marginales. Una preocupación primaria de los países en desarrollo es como la producción agrícola en áreas marginales puede satisfacer sus funciones primarias sin agotar la base de recursos naturales, como por ejemplo, como se discutió anteriormente, el abuso de extracción de los recursos de las aguas subterráneas. El desarrollo de tecnologías apropiadas, la concesión de derechos de propiedad individuales o comunitarios junto con el incremento de las alternativas de empleo fuera del sector agrícola están entre las estrategias más promisorias.

## EL PROBLEMA DE LA SALINIDAD Y EL DRENAJE

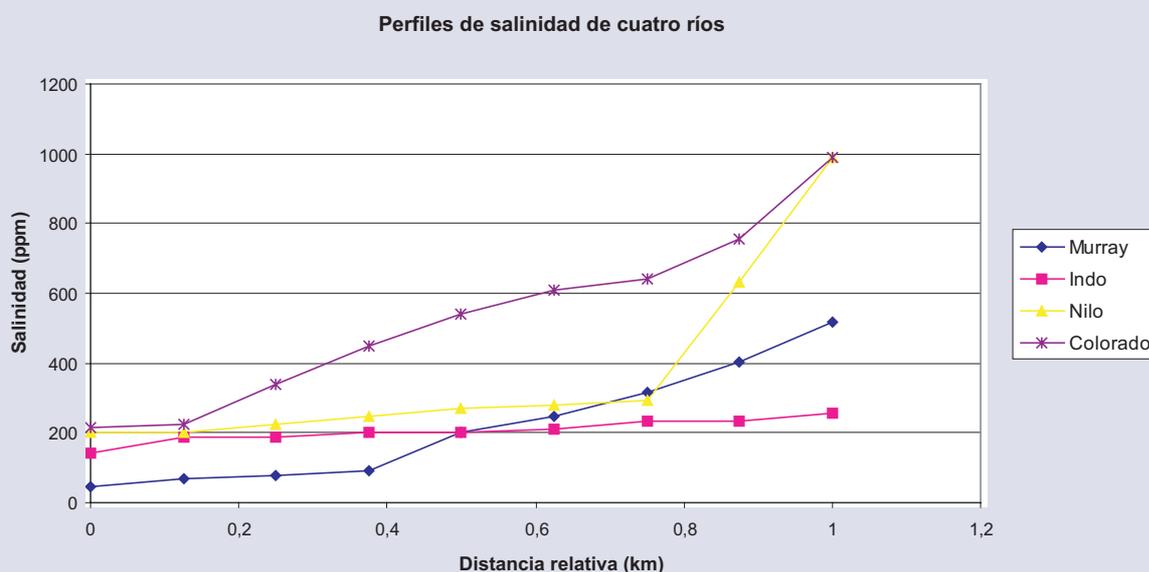
Gran parte del impacto ambiental de la agricultura bajo riego está ligado al manejo del balance del agua y las sales. Esto incluye tanto la minimización de la cantidad de agua requerida para eliminar la sal de la zona radical y del área de tierra necesaria para almacenar la sal en

forma temporaria o definitiva. Un buen manejo ha demostrado ser una actividad difícil. Si bien los problemas de la salinidad inducidos por el hombre se pueden desarrollar rápidamente, las soluciones pueden necesitar un largo tiempo y ser costosas. Es posible introducir varios mejoramientos en las prácticas agronómicas y el riego dependiendo del tipo de salinidad y de la causa de la acumulación de sales a niveles peligrosos en la zona radical. El hecho de que se hayan usado exitosamente aguas salinas para algunos cultivos, demuestra que bajo ciertas condiciones como en los climas mediterráneos con lluvias invernales, el agua salina puede ser usada para el riego. La experiencia en otros lugares donde hay efectos negativos importantes causados por el riego con aguas salinas o ricas en sodio indica que son necesarias intervenciones de larga duración para equilibrar el balance del agua y las sales.

Todas las zonas áridas a lo largo de los ríos tienen perfiles salinos naturales atribuibles a su movilización en el área de la cuenca y a las

Figura 3 Perfiles de salinidad de cuatro ríos importantes

Fuente: Smedema, 2000



## Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos para la agricultura

filtraciones salinas. Una causa adicional de la salinidad de los ríos es el transporte de sales fósiles inducido por el riego debido al bombeo de las aguas subterráneas hacia los drenajes que descargan en el río. Los perfiles de salinidad de cuatro ríos se muestran en la **Figura 3** la que ilustra los diferentes volúmenes de sales que se devuelven a los ríos o que permanecen en el suelo o en las aguas subterráneas (Smedema, 2000). El incremento de la salinidad de ríos y arroyos en muchas partes áridas del mundo presenta un peligro ecológico que ha sido poco considerado. Esta falta de atención por el impacto ecológico provocado por un aumento de la salinidad en las aguas interiores merece mayor atención, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos al incremento del nivel salino.

Gran parte de las aguas de drenaje de las tierras agrícolas de Punjab, Pakistán, están siendo reutilizadas ya sea a partir de drenajes superficiales o bombeadas desde aguas subterráneas poco profundas. De hecho, en algunos sistemas en el Punjab, entre la mitad y dos tercios del agua de riego es bombeada de aguas subterráneas. Por lo tanto, las sales

lixiviadas vuelven así a la tierra en lugar de perderse en los ríos o ser evaporadas en los embalses. El ingreso medio de sales del agua del río Indo es estimado en el doble de la cantidad que fluye hacia el mar; por lo tanto, la mitad del ingreso anual de sales permanece en la tierra y en el agua subterránea. La mayor parte de la acumulación ocurre en Punjab. Es necesario un sistema de drenaje más extendido para mantener un equilibrio sostenible de sales en las tierras regadas. Desde el momento en que solo el 22 por ciento de las tierras regadas del mundo tienen drenaje –menos de uno por ciento de las tierras regadas tienen drenajes sub-superficiales– hace que sea inevitable que más tierras deban salir de producción a causa de las inundaciones y la salinidad. Por lo general, los agricultores que deben abandonar sus tierras son los de menores recursos.

La situación del drenaje en Pakistán está en completo contraste con la de Egipto (**Recuadro 11**). En Egipto los drenajes sub-superficiales que transportan agua al río se encuentran en gran parte de las tierras regadas. Las sales no permanecen en la cuenca del Nilo sino que descargan en el mar Mediterráneo. Durante una

### Recuadro 11 El sistema de drenaje de Egipto

Fuente: Ali et al., 2001

En el pasado, los serios problemas de las sales no fueron asociados con las grandes áreas regadas de Egipto. Solo después de la introducción y difusión del riego en forma permanente fueron necesarias medidas para contrarrestar la salinización. Los factores que contribuyeron a empeorar el problema incluyen la expansión de la agricultura bajo riego en suelos arenosos y de textura liviana con sus características de mayores tasas de percolación y filtrado. Muchas de estas nuevas áreas regadas se encuentran en los márgenes de mayor elevación del Valle del Nilo lo que contribuye al movimiento de las sales hacia las tierras más bajas. El riego permanente ha llevado a más filtración en todas las áreas regadas, exacerbada por un aumento en la producción de arroz y caña de azúcar que requieren una mayor aplicación de agua. La reutilización del drenaje está ampliamente difundida y es fácilmente identificada. Un simple cálculo aritmético indica un 40 por ciento de productividad del agua en la finca y de 90 por ciento a nivel de cuenca, lo cual sugiere que el agua es usada por lo menos dos veces. El resto del agua, que es excesivamente salina para ser reutilizada, corre hacia el mar Mediterráneo o los lagos usados como embalses de evaporación cercanos al mar.

Desde 1970, Egipto ha construido drenajes sub-superficiales en un área de casi dos millones de hectáreas además de toda la infraestructura asociada como drenajes abiertos y estaciones de bombeo para transportar y reutilizar el agua. Cada año se agregan 50 000 hectáreas de tierras drenadas. De esta manera, el programa de drenaje de Egipto es uno de las intervenciones más grandes del mundo sobre manejo de aguas. Las inversiones totales alcanzan a cerca de dólares EE.UU. 1 000 millones y desde 1985 parte de las inversiones han sido usadas para la rehabilitación de los antiguos sistemas de drenaje. Después que el sistema de drenaje fue instalado ha ocurrido una sensible disminución en la salinidad de las tierras afectadas.

Lámina 13 Dragado de un canal de riego (Egipto)



FAO/16222/L - SPAVENTA

parte del año el contenido de sales del Indo es mucho menor que en el delta del Nilo y el Indo podría aceptar la descarga de más sales. Sin embargo, durante los períodos críticos de bajo flujo tal descarga no sería posible. La única opción durante esos períodos sería almacenar el agua de drenaje en forma temporal para entregarla en los períodos de gran flujo del río. La extensión del *Left Bank Outfall Drain*, actualmente en operación en Sindh, hacia Punjab, Pakistán, podría proporcionar, en forma permanente pero costosa, una solución a los actuales embalses de evaporación notoriamente insuficientes.

## REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La reutilización de las aguas residuales municipales e industriales para el riego de los cultivos está muy difundido. Algunas de las aguas residuales son tratadas antes de ser reutilizadas, pero eso no ocurre en la mayor parte de los casos, lo cual causa serios daños ambientales y sanitarios. Además, muchas de las plantas de

tratamiento instaladas en los países en desarrollo trabajan por debajo de su capacidad lo cual contribuye a la descarga de aguas residuales sin tratar en los canales de riego y drenaje. Las concentraciones de metales pesados en los canales, en los sedimentos de los drenajes y en las muestras de suelos así como el recuento de las bacterias coliformes fecales en los canales de drenaje, a menudo excede las directrices de la OMS para la calidad del agua. Por ejemplo, las aguas residuales constituyen el 75 por ciento del flujo total del *Bahr Bagar Drain* en el este del Delta, en Egipto, lo que hace que el drenaje se transforme en una cloaca abierta. Las muestras de suelos en el este del Delta mostraron niveles de cadmio de 5 mg/kg, más de dos veces superiores a su nivel natural. También se han encontrado evidencias de elementos traza en los cultivos. Por ejemplo, en el Delta Medio se encontraron niveles de cadmio de 1,6 mg/kg (ppm) en el arroz, lo cual es perjudicial para la salud humana. Esto es un problema que debe ser considerado seriamente. Esto significa, por supuesto, que cierta agua de drenaje es inadecuada para ser reutilizada no a

# Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos para la agricultura

## Recuadro 12 Impacto ambiental del exceso de extracción no planificada de agua subterránea

Fuente: Shah et al., 2000

La extracción no planificada y no medida de agua subterránea puede causar un serio daño a las ecologías frágiles como ocurrió, por ejemplo, en el oasis de Azraq en Jordania. El Azraq es una formación de tierra húmeda de más de 7 500 hectáreas que ofrece un hábitat natural para numerosas y únicas especies acuáticas y terrestres. El oasis fue proclamado internacionalmente como la principal estación para aves migratorias hasta que se secó completamente a causa de la extracción de agua subterránea en su emisario aguas arriba, para el riego agrícola y para el suministro de agua potable a la ciudad de Amman. Este exceso de extracción resultó en la declinación de una capa freática poco profunda, entre 2,5 y 7 metros, durante la década de 1980, secando las fuentes naturales que abastecían el oasis, las que se redujeron a un tercio de su flujo entre 1981 y 1991. Todo el ecosistema se destruyó y la salinidad del agua subterránea aumentó de 1 200 ppm a 3 000 ppm. Sin embargo, por medio de una combinación de bombeo de agua hacia el centro del lago, limpieza de las fuentes y rehabilitación, ha sido posible restaurar en Azraq las tierras húmedas en una forma muy similar a la original de tal modo que las aves (y los turistas) regresaron.

causa de su alto contenido de sales sino de su carga contaminante. Además, el descarte seguro de esas aguas residuales contaminadas es un problema complejo (Wolff, 2001). Algunos casos similares se han encontrado en otros países como México y Pakistán (Chaudhry y Bhutta, 2000).

El desafío del manejo exitoso del uso conjunto de aguas subterráneas y de agua de los canales ha sido mencionado anteriormente. En algunas áreas el exceso de extracción de agua subterránea ha sido puesto en evidencia por la rápida caída de los niveles de la capa freática mientras que en otras áreas donde el agua subterránea es excesivamente salina para la producción agrícola, la capa freática sube debido al exceso de riego y a la filtración de los canales. Gran parte de las tierras agrícolas están fuera de producción a causa de la ascensión capilar de capas de agua poco profundas que han arruinado el suelo y envenenado los cultivos. Cambiar este proceso es difícil y costoso (Recuadro 12). En la India, la extensión de tierras inundadas se estima en 6 millones de hectáreas. En los 12 mayores proyectos de riego que cubren un área total de 11 millones de hectáreas, dos millones de hectáreas están inundadas y otro millón está salinizada (Shah *et al.*, 2000).

Se estima que anualmente entre 2 y 3 millones de hectáreas de tierras agrícolas potencialmente

productivas son retiradas de la producción a causa de la salinización. Se ignora cuantas de estas tierras son recuperadas –total o parcialmente– y reingresan al cultivo. La contaminación de las aguas subterráneas con sales y residuos de agroquímicos también es un hecho común. Si para el riego se usa agua ligeramente salina, los ciclos repetidos de aplicación de agua a los campos, el exceso de filtrado y el bombeo de la parte superior del acuífero incrementan la carga de sales de las aguas subterráneas. Si la permeabilidad vertical del acuífero es limitada, ocurre solo una mezcla del agua de filtración y la parte superior del acuífero de la cual se bombea el agua incrementa gradualmente su salinidad. Este proceso está documentado en varios sistemas de riego en Punjab, Pakistán, donde se riega comúnmente con agua de los canales y aguas subterráneas (Kijne *et al.*, 1988).

Los agricultores de menores recursos son los más vulnerables a la degradación ambiental ya que muchos de ellos están cultivando tierras marginales bajo condiciones muy difíciles. Pocos agricultores cultivan las mejores tierras y la gran mayoría cultiva las tierras menos fértiles. Es probable que una degradación posterior afecte la calidad del agua potable y del agua para riego de esos agricultores, la calidad de sus tierras, posiblemente la calidad y la cantidad de

## Alivio del impacto ambiental causado por el desarrollo de los recursos hídricos para la agricultura

pescado que recogen y en último grado su salud. La falta de datos sobre el agua y el contenido de sales de las tierras regadas y la falta de conocimientos sobre la cantidad de agua -y su calidad mínima- que debería ser entregada a los usuarios aguas abajo frustran los intentos para su distribución a los usuarios en forma más equitativa de modo de permitir una mejora del nivel de productividad del agua en la agricultura de esa cuenca. La forma de terminar con las prácticas insostenibles y al mismo tiempo reducir las concentraciones de sales y agroquímicos que resultan directamente de la degradación del suelo y de los recursos hídricos, es un esfuerzo consolidado y a largo plazo para mejorar el manejo de la tierra y el agua.

En general, la agricultura y el desarrollo rural no se han beneficiado de los análisis sistemáticos del ambiente y su manejo. Una razón para esta exclusión ha sido probablemente el gran número de proyectos de distinta magnitud que se debían haber evaluado, lo cual podría haber abrumado a las agencias de evaluación ambiental. La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es aplicada usualmente a la planificación física de los proyectos (p.ej., represas, caminos, canales e industrias) pero raramente a las prácticas agrícolas y a los planes

de desarrollo rural. Como resultado, una planificación inadecuada y prácticas inapropiadas de uso de la tierra han subsistido y en muchas áreas los recursos de suelos, tierras y aguas están siendo usados en forma ineficiente o están en proceso de degradación mientras que las disparidades de la pobreza y de los ingresos siguen aumentando.

Con más de 30 años de experiencia, las técnicas de EIA incluyen ahora, en forma rutinaria no solo los impactos biofísicos sino también socioeconómicos como sobre la salud, las migraciones humanas en la zona del proyecto, la capacitación de los trabajadores locales y la construcción de capacidad de gestión del gobierno local. Las políticas gubernamentales e internacionales son aún necesarias para establecer marcos legales apropiados y una base institucional para la EIA en los proyectos de desarrollo agrícola. Estas políticas deberían incluir la transferencia de los conocimientos necesarios a los agricultores de menores recursos, por ejemplo por medio de servicios de extensión agrícola de modo que puedan participar en la evaluación ambiental del manejo de los recursos hídricos agrícolas y en la planificación del proyecto (FAO, 2002d).





# capítulo

## Modernización del manejo del agua de riego

### EL OBJETIVO DE LA MODERNIZACIÓN

La modernización del manejo del agua en los sistemas de riego puede ser interpretada en diferentes formas dependiendo de las circunstancias locales. Un tipo de modernización es la introducción de tecnologías modernas como la aplicación y distribución de agua por tuberías en sustitución de los canales, el uso por ordenadores de sensores de agua en el suelo para iniciar el riego, y también otras técnicas más antiguas como el forrado de los canales y la nivelación del suelo. Estas técnicas pueden ser introducidas y usadas exitosamente cuando los agricultores pueden ser capacitados en su uso o ya poseen los conocimientos necesarios. Sin embargo, el aspecto técnico es solo una parte de la modernización. Un cambio fundamental en los arreglos institucionales y en las reglamentaciones y el mejoramiento de los resultados y la eficacia de los usuarios del agua y sus organizaciones son igualmente importantes.

La FAO ha definido la modernización como «un proceso de mejoramiento técnico y de gestión de los esquemas de riego combinados con reformas institucionales, si fueran necesarias, con el objetivo de mejorar la utilización de los recursos y del servicio de entrega de agua a las fincas» (Facon y Renault, 1999). En este sentido, la modernización ofrece un medio para reformas institucionales con un objetivo

definido y no por el simple hecho de hacer alguna reforma. La modernización se realiza en forma sistemática y práctica sin necesidad de que ocurran los cambios institucionales y debe ser aplicada donde el riego en la agricultura ofrece claras ventajas competitivas.

Las instituciones de riego deben adoptar una orientación de servicio y mejorar sus resultados en términos económicos y ambientales. Esto presupone la adopción de nuevas tecnologías, la modernización de la infraestructura, la aplicación de técnicas y principios administrativos mejorados y la promoción de la participación de los usuarios del agua. Las instituciones del

**Lámina 14** Un agricultor preparando las tuberías de riego en un cultivo de tomates (Brasil)



FAO/18202/G. BIZZARRI

sector de riego deben relacionar su tarea central de provisión de servicios de riego para la producción agrícola e integrar la demanda y el uso del agua con otros usuarios a nivel de cuenca. Un mejor conocimiento del agua de las cascadas y del flujo a través de todo el ambiente y la circulación del agua subterránea dentro de los acuíferos llevará a tomar decisiones bien fundamentadas sobre el uso y el reutilización del agua en la agricultura.

Dado que la modernización es considerada por lo general como un proyecto de ingeniería, su planificación típica se enfoca obviamente en temas de ingeniería y macroeconómicos con solo algunas suposiciones sobre como pueden ser manejados los sistemas de entrega de agua y de riego en el campo. Si el sistema modernizado resulta ser incompatible con las prácticas de manejo existentes o si son necesarios cambios extensivos no anticipados en esas prácticas de manejo para aprovechar el potencial del sistema modernizado, es probable que el proceso de modernización fracase.

Además, también es probable que fracase si la organización pública del sistema de riego continúa como antes sin la participación de los usuarios del agua en la operación y manejo del sistema. Solo la participación de los agricultores desde el inicio del proceso del proyecto de modernización puede desarrollar en ellos un sentido de propiedad que genere el cuidado del sistema. Este sentido de propiedad debería evitar que después de un corto período los canales de campo sean demolidos, las compuertas robadas o dañadas, los sistemas de drenaje de campo bloqueados, los canales abiertos llenos de sedimentos y malezas, o que la tierra nivelada sea deteriorada por una mala labranza, como sucede en muchos casos. El **Recuadro 13** presenta algunas de las lecciones aprendidas de los proyectos de modernización del riego.

Un aspecto importante de la modernización es el efecto del tamaño de las parcelas sobre la viabilidad del proyecto. Por ejemplo, en Navarra, México, el tamaño medio actual de las parcelas

### Recuadro 13 Modernización del riego en Argentina, México y Perú

Fuente: FAO, 2001d

A partir del análisis de los resultados obtenidos en varios proyectos de modernización del riego en Argentina, México y Perú se ha llegado a identificar varios elementos exitosos:

- > Es más probable que la modernización sea exitosa si las ideas provienen de los agricultores.
- > Es más aceptable el riego a presión y viceversa el riego por gravedad recibe menor consideración; el futuro desarrollo del riego debería ser por presión.
- > Es necesario otorgar gran atención a la distribución eficiente del agua; de lo contrario, las altas pérdidas de agua, el robo de agua y el riego no programado continuarán.
- > El pago de una tarifa por los servicios de agua continuará siendo un problema hasta que los agricultores adquieran el concepto de que el agua no puede ser obtenida gratuitamente.
- > Proporcionar asistencia técnica adecuada a los agricultores debe ser una tarea hecha con suma atención. A pesar de toda la capacitación realizada todavía hay grandes deficiencias en el conocimiento de los agricultores acerca de las prácticas agrícolas, los requerimientos de agua y los turnos de riego.
- > Cada sistema requiere soluciones específicas: la modernización siempre incluye el mejoramiento físico de la infraestructura pero la forma en que es hecha y otras necesidades, son todas específicas del lugar.

Los estudios de caso indicaron que en razón de una seria competencia por el agua, el sistema de entrega de agua para riego tiene que ser eficiente desde el inicio o de lo contrario el sistema cesará de existir. Confiar en contribuciones y subsidios gubernamentales no es más una opción válida. Los tres casos de modernización citados fueron exitosos desde el momento en que los agricultores tomaron conciencia de que era necesario introducir cambios. Sin embargo, la tecnología está cambiando tan rápidamente que puede ser necesario modernizar en forma más o menos continua de modo de adaptarse a las circunstancias cambiantes.

es de cerca de 5 000 m<sup>2</sup> mientras que el área media de propiedad de los agricultores es de 1,3 hectáreas. Es probable que un futuro no lejano estas fincas no sean económicamente viables por dos razones: i) el pequeño tamaño de las parcelas, y ii) el mal estado de los sistemas de riego (FAO, 2002d). La modernización de muchos sistemas de riego debería comprender la reestructuración de la tenencia de la tierra para asegurar que según el tamaño de las parcelas puedan ser económicamente explotadas; para ello, en México, el tamaño de las parcelas debería ser de cerca de cinco hectáreas. El aumento del tamaño de las parcelas permitirá además una reducción de las inversiones necesarias para modernizar los sistemas de riego y las fincas que obtengan buenos rendimientos tendrán la capacidad, directa e indirecta, de generar empleos.

De cualquier manera, las consideraciones específicas para el lugar pueden llevar a diferentes conclusiones. En Malí, la *Office du Niger*, que se ocupa de la producción de arroz, adjudica a los agricultores parcelas individuales de, por lo menos, cinco hectáreas. Esta adjudicación de parcelas grandes para ser explotadas a tiempo completo por agricultores comerciales es considerada inconsistente con la realidad de la población que prefiere una producción diversificada, especialmente cuando tratan de escapar a la pobreza. Más aún, las pequeñas parcelas a menudo son usadas más intensivamente. Por ejemplo, en Zimbabwe, a inicios de la década de 1990, el gobierno cambió su política de adjudicar parcelas con riego de 1 000 m<sup>2</sup> a parcelas de tres a cinco hectáreas con riego, de modo que pudieran suplementar sus ingresos de la agricultura de secano. Se esperaba que las parcelas de mayor tamaño indujeran a los

agricultores a utilizar el riego a tiempo completo y que los hombres pondrían más énfasis en el riego. Esta política se demostró equivocada en ambos sentidos: la productividad por unidad de tierra y por unidad de agua fue mayor en el sistema de las pequeñas fincas y eran las mujeres agricultoras quienes estaban más orientadas al riego como su principal fuente de ingresos (FAO, 2002d).

El desarrollo del riego en gran escala y los proyectos de modernización tienden a concentrarse en la producción de alimentos básicos pero se ignora la existencia de la pesca. Un problema importante que surge con la pérdida de hábitats para la pesca, o específicamente con la recuperación de humedales para la agricultura, ya que una vez que estos son convertidos a la agricultura las personas pueden tener títulos sobre esa tierra. Los títulos legales sobre los humedales naturales no existen si bien pueden ser reconocidos los títulos comunitarios tradicionales. Por esta razón, la pesca es considerada un bien público. Muchas personas no reconocen los beneficios que ofrecen los humedales y la pesca mientras que muchos entienden que los beneficios cuantificables tales como la producción agropecuaria y la producción hidroeléctrica surgirán del nuevo desarrollo. Ejemplos de subestimación de la pesca en aguas dulces se encuentran en Bangladesh, Camboya y Sri Lanka, entre otros (FAO, 2002d). Si bien el arroz es sin duda alguna un cultivo importante, una dieta equilibrada necesita ser suplementada con proteínas animales y la pesca en aguas dulces es precisamente una de las fuentes de proteínas más económicas y fácilmente disponibles. Lamentablemente, las decisiones del desarrollo que afectan el manejo y el uso de

las aguas internas a menudo se hacen sin tener un conocimiento cabal y completo de la contribución que ese ambiente puede ofrecer como medio de vida a la población rural. Una lección recogida de algunos ejemplos de proyectos de modernización es que los proyectos no son necesariamente buenos o malos sino que el total conocimiento de las condiciones locales es fundamental para una exitosa implementación del proyecto. El objetivo de la modernización de las instituciones de riego no es solo mejorar el manejo del agua en la agricultura sino también promover el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos, lo cual toma en consideración la sostenibilidad social, económica y ambiental de todo el manejo de los recursos hídricos.

### LA FUNCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO EN LA MODERNIZACIÓN

La introducción de tecnologías de bajo costo que pudieran ser parte de la modernización de proyectos de riego en pequeña escala

proporcionan otro ejemplo de éxitos en lugares específicos. Un equipo económico de bombeo a pedal ha resultado sumamente exitoso en algunos países del sur de Asia para extraer agua de acuíferos poco profundos. Estas bombas han permitido a los agricultores de pocos recursos hacer un buen uso de la mano de obra disponible en sus fincas para incrementar la producción de los cultivos y los ingresos de la finca. El agricultor tiene el control total del momento y la cantidad de agua bombeada la cual, dado el esfuerzo que ha sido necesario para obtenerla, es usada con suma cautela. Por ejemplo, el área regada con una bomba a pedal en Bengala Oeste, India, varía entre 0,033 y 0,13 hectárea. Las bombas a pedal también han sido introducidas en África, entre otros lugares en la zona urbana y la periferia de Njamena, Chad. En este caso los agricultores rechazaron esas bombas porque podían pagar el costo del combustible de las bombas a motor y de los repuestos. Sin embargo, en otras áreas remotas del país como en Sarh, los agricultores estuvieron satisfechos con las bombas a pedal

Lámina 15 Tachai: un agricultor usando una bomba manual para tomar agua de un canal (China)



FAO/10790/F. BOTTIS

y solicitaron más cantidad (FAO, 2002d). Las bombas a pedal están claramente destinadas a los agricultores de menores recursos ya que los agricultores más adinerados no encuentran miembros de su familia disponibles para hacer ese trabajo. Una limitación de las bombas a pedal es el requerimiento de mano de obra la cual puede eventualmente no estar disponible: las mujeres ya están sobrecargadas con otros trabajos y los niños sanos podrían hacer el trabajo siempre que sus actividades escolares lo permitieran. Obviamente, para la introducción de bombas a pedal es necesario evaluar previamente la disponibilidad de mano de obra (FAO, 2002d).

Una experiencia positiva se encontró con la introducción del riego por goteo con baldes. Este sistema es adecuado para el riego de pequeñas parcelas de hortalizas y árboles frutales en áreas periféricas cercanas a los mercados. En Kenya, el retorno de una inversión de dólares EE.UU. 15 para un equipo de riego por goteo con baldes fue de dólares EE.UU. 20 mensuales. Los agricultores en Kenya adquirieron más de 10 000 equipos si bien pocos de esos agricultores podían ser considerados como muy pobres (FAO, 2002d).





# capítulo 7

## Conclusiones y acciones

La FAO predice que el desarrollo adicional del agua será necesario para poder ajustar las necesidades de otros 2 000 millones de personas en el año 2030. Si la ganancia generada por la productividad del agua pudiera ser mantenida, la presión sobre los recursos podría decrecer y la transferencia de agua a otros usuarios podría ser aumentada. El incremento de la productividad agrícola del agua ha sido el resultado de las inversiones estratégicas en el desarrollo del agua pero también de las inversiones en investigación y desarrollo y en extensión agrícola. La tendencia actual de las inversiones en estos componentes muestra una seria disminución. El futuro del manejo del agua en la agricultura dependerá del mantenimiento de los niveles de las inversiones en áreas clave de la cadena productiva y no solamente en la infraestructura de control del agua. En este aspecto, el elemento crítico es la calidad de la inversión antes que su cantidad.

Dado que la demanda de alimentos no es negociable, el único objetivo del mejoramiento del manejo del agua dependerá del continuo mejoramiento de la productividad del agua en los sistemas agrícolas existentes, tanto de secano como bajo riego. Por lo tanto, las inversiones deben ser un complejo que combine: inversiones en la investigación para desarrollar materiales biológicos más productivos; mejores prácticas agrícolas; desarrollo de la capacidad técnica de los agricultores y los usuarios; promoción del comercio de los productos

agrícolas para mejorar la productividad global y desarrollo de nuevos recursos cuando sea necesario.

Los futuros requerimientos de agua, sobre todo en el caso en que se anticipa una población mundial estabilizada en alrededor de 8 000 millones de habitantes, no son fáciles de predecir. Las cantidades precisas de agua que deben estar disponibles en localidades específicas para una producción agrícola sostenible son difícilmente conocidas y tienen indudablemente variabilidad temporal y espacial. El problema es aún más complejo ya que no existe certeza sobre las cantidades de agua que se precisarán para las necesidades ecológicas aguas abajo y para la recarga de los acuíferos sobreexplotados. Finalmente, el impacto del cambio climático sobre el abastecimiento y la demanda de agua para uso agrícola, continúa siendo una conjetura. Considerando todos estos elementos desconocidos, proporcionar volúmenes suficientes de agua para la producción global de cantidades adecuadas de alimentos, representa un desafío enorme, sobre todo en regiones y países en los cuales el agua es ya escasa. La incerteza acerca del futuro abastecimiento de agua y demanda de agua para apoyar la seguridad alimentaria puede frustrar la toma de decisiones sobre inversiones estratégicas. Los problemas que deben ser tener una respuesta previa son:

→ ¿Qué capacidad adicional de almacenamiento de agua en represas y embalses es necesaria?

- ¿Cómo los países y las regiones pueden asegurar el uso sostenible de agua subterránea bombeada que es fundamental para la producción agrícola?
- ¿Cómo pueden ser mejor usadas las fuentes adicionales de agua como las aguas residuales municipales e industriales sin afectar negativamente la salud humana y ecológica?

Este trabajo ha discutido la conexión entre la agricultura bajo riego por un lado y el alivio de la pobreza y el desarrollo rural por otro lado. Los efectos indirectos del riego en el desarrollo rural han sido notables, especialmente por medio de la creación de oportunidades de trabajo fuera de la finca para las personas de menores recursos. Sin embargo, otras inversiones como en caminos y mercados, podrían ser a menudo de un mayor valor directo para el desarrollo rural. Por ello y para que los fondos invertidos en el desarrollo tengan el mayor impacto posible en el alivio de la pobreza, los gobiernos y las agencias de financiación se enfrentan a decisiones difíciles entre las inversiones directas en infraestructura del agua o en inversiones «de avanzada» para la creación de mercados y acceso a los mismos.

Los mejoramientos a nivel de sistema en la infraestructura de riego y drenaje y en los acuerdos políticos e institucionales hechos para manejar esos sistemas fortalecerá la productividad del agua y, por ende, la seguridad alimentaria. Sin embargo, los mayores beneficios se pueden esperar del manejo integrado de cultivos y recursos, por ejemplo, cuando los tres componentes –fitomejoramiento, mejoramientos agronómicos y cambios en la operación y manejo del sistema de riego– trabajen en forma conjunta de tal modo que los

beneficios potenciales de los nuevos cultivos y variedades sean debidamente explotados. Existen pocos ejemplos exitosos de esta triple integración; su realización equivale a reinventar el manejo del agua en la agricultura. Del mismo modo, las prácticas agronómicas en los predios de los agricultores tales como la labranza cero y las parcelas elevadas también llevarán a una mayor productividad del agua en la agricultura. Sin embargo, la adopción y adaptación de estas técnicas ha sido lenta.

El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos ha sido presentado como el marco para la planificación, organización y control de los sistemas hídricos para equilibrar las opiniones y los objetivos de todos los participantes importantes (Grigg, 1999). Esta definición incluye dos dimensiones de interdependencia: social -equilibrio entre opiniones y objetivos de los participantes- y ecológica -manejo de sistemas de agua por múltiples usuarios. En el pasado, el agua tenía dos objetivos principales: domésticos y producción de alimentos para una creciente población. Hoy día, con la competencia existente por el agua, esos objetivos simples no son aceptables. Los defensores del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos opinan que un cambio hacia un sector de riego más sostenible depende del buen funcionamiento de las asociaciones de usuarios del agua. Sin embargo, iniciar la fundación de esas asociaciones ha sido difícil; antes de que puedan ser establecidas exitosamente es necesario, por lo menos, evaluar los recursos hídricos, asignar derechos de agua a los legítimos usuarios y definir instituciones para la administración de los derechos del agua. Los conflictos de intereses entre los distintos participantes en el manejo del agua hacen difícil y costoso satisfacer esas tres condiciones para que la asociación de usuarios

tenga éxito. Más aún, hay una creciente evidencia de que el manejo del riego transfiere riesgos que agravan la pobreza rural, excepto cuando se diseñan e implementan modalidades favorables a los grupos de menores recursos (Van Koppen *et al.*, 2002).

Uno de los puntos más importantes referidos a la base de recursos es la sobreextracción de los recursos de las aguas subterráneas, algo que en muchas regiones parece ser insostenible. Al discutir el manejo sostenible de los recursos hídricos subterráneos, se ha sugerido que la explotación de esos recursos más allá de su posibilidad de recarga puede ser justificable si inicia el desarrollo sostenible al usar los ingresos generados por el bombeo del agua subterránea con propósitos útiles. De cualquier manera, la aplicación de las ganancias de la tecnología de ahorro de agua, la reforestación y otras actividades a largo plazo se pueden acreditar como una contribución a la sostenibilidad (Kinzelbach y Kunstmann, 1998; Barker *et al.*, 2003). La elección estratégica del grado de degradación ambiental que puede ser justificada para una mayor seguridad alimentaria o para reducir la pobreza es obviamente una elección difícil. El equilibrio no se obtiene en forma simple o directa dado que el alivio de la pobreza puede de hecho prevenir la degradación ambiental.

Estas conclusiones indican que solo cuando los gobiernos nacionales y las agencias financieras hagan varias elecciones estratégicas respecto al manejo del agua, el sector agrícola no estará en condiciones de mantener las concesiones actuales de agua para la importante producción de alimentos producida bajo riego.

En el caso de los gobiernos nacionales esta elección implica:

1. Aceptación del hecho de que no existe una solución simple para mantener la seguridad alimentaria cuando hay escasez de agua. Todas las fuentes de agua -lluvia, aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas residuales- son importantes. Pueden ser desarrolladas bajo un conjunto correcto de condiciones, con la capacidad adicional de almacenamiento y la recarga de los recursos subterráneos como parte de las soluciones a largo plazo.
2. Encontrar las mejores opciones para condiciones específicas. Las tierras de buena o mala calidad pueden ser usadas para la producción de cultivos alimenticios y otros productos y la mejor combinación de tierra, cultivo y agua es específica para cada lugar y no puede ignorar la productividad inherente de los ecosistemas naturales.
3. Apreciar que la conexión entre agricultura bajo riego y desarrollo rural no siempre es directa. El desarrollo rural puede recibir una mejor colaboración por parte de inversiones en otros sectores distintos del riego.
4. Adopción de políticas e instituciones apropiadas basadas en los recursos naturales que estimulen la integración del manejo de los cultivos y los recursos para identificar las mejores opciones específicas de lugar.
5. Facilitar y apoyar activamente el fitomejoramiento de variedades

mejoradas de cultivos y variedades y considerar las variedades mejoradas como parte de la solución para el futuro de la seguridad alimentaria.

6. Apoyar activamente la aplicación de las predicciones climáticas estacionales para anticipar las condiciones del clima de modo de crear la mejor combinación de cultivos y manejo de recursos.
7. Invertir en la modernización del riego como un proceso continuo y al mismo tiempo reconocer las ventajas comparativas de cada sistema específico. El objetivo de la modernización debería ser que el sistema de entrega de agua y su manejo

sean lo suficientemente flexibles para poder aprovechar plenamente las nuevas tecnologías y variedades.

La elección de inversiones estratégicas en la agricultura por parte de las agencias de inversiones, implica:

1. Aceptar que la agricultura es el sector con el mayor potencial para generar agua a partir las ganancias obtenidas por su productividad.
2. Establecer conexiones entre los objetivos globales y la finanza mundial con las iniciativas y las necesidades locales. La financiación debería ser adecuada a las condiciones físicas y socioeconómicas específicas.



## Referencias

- Ali, A.L., van Leeuwen, H.M. & Koopmans, R.K.** 2001. Benefits of draining agricultural land in Egypt: results of five years' monitoring of drainage effects and impacts. *Wat. Res. Dev.*, 17: 633 – 646.
- Allan, J.A.** 1995. *Water and the Middle East peace process: negotiating water in the Jordan basin*. London, I.B. Taurus.
- Allan, J.A.** 1999. Water stress and global mitigation: water, food and trade. *ALN*, No. 45 Spring/Summer 1999 (available at <http://ag.arizona.edu/OALS/>).
- Barker, R., Dawe, D. & Inocencio, A.** 2003. Economics of water productivity in managing water for agriculture. In J.W. Kijne, D. Molden & R. Barker, eds. Forthcoming. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, No. 1. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Bastiaanssen, W.G.M., Mobin-ud-Din Ahmad & Zubair Tahir.** 2003. Upscaling water productivity in irrigated agriculture using remote sensing and GIS technologies. In J.W. Kijne, D. Molden & R. Barker, eds. Forthcoming. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, No. 1. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Bennett, J.** 2003. Status of breeding for tolerance of water deficit and prospects for using molecular techniques. In J.W. Kijne, D. Molden & R. Barker, eds. Forthcoming. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, No. 1. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Bhalla, G.S., Hazell, P. & Kerr, J.** 1999. *Prospects for India's cereal supply and demand to 2020*. 2020 Vision Discussion Paper 29. Washington, DC, IFPRI.
- Bouwer, H.** 2002. Integrated water management for the 21st century: problems and solutions. *J. Irri. Dra. Eng. ASCE*, 128: 193 – 202.
- Briscoe, J.** 2001. Two decades of change in a Bangladeshi village. *Econ. Pol. W.*, 36(40): 1 – 8.
- Brown, L.** 1995. *Who will feed China? Wake-up call for a small planet*. Norton.
- Burke, J.J. & Moench, M.H.** 2000. *Groundwater and society: resources, tensions and opportunities*. New York, United Nations Department of Economic and Social Affairs, and Institute of Social and Environmental Transition, United Nations publication.
- Burke, J.J.** 2002. **Implementation of national irrigation strategies: fuzzy vision, harsh realities and strange bedfellows.** (available at <http://Inweb18.worldbank.org/ESSD/essdex.t.nsf/18DocByUnid/8E30387F8BC5877985256BE900763C6C?Op=endocument>).
- Chaudhry, M.R. & Bhutta, M.N.** 2000. *Soil and water contaminants from agro-industrial chemicals in Pakistan*. Agroviron 2000: 2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-applications, Proceedings. Trakya University, Tekirdag, Turkey. pp 488 – 494.
- de Laulanié, H.** 1992. A technical presentation of the system of rice intensification based on Kayamaya's tillering method. (available at <http://ciifad.cornell.edu/sri/sripapers.html>).
- Deichert, G. & Saing Koma, Y.** 2002. Experiences with system of rice intensification (SRI) in Cambodia. (available at <http://www.wiz.uni-kassel.de/tropentag/program/>).
- Dixon, J., Gulliver, A. & Gibbon, D.** 2001. *Farming systems and poverty: improving farmers' livelihoods in a changing world*. Rome and Washington, DC, FAO and World Bank.
- Evans, L.T.** 1998. *Feeding the ten billion: plants and population growth*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

- Facon, T. & Renault, D.** 1999. *Modernization of irrigation system operations*. Proceedings of the 5th ITIS network international meeting, Aurangabad, 28-30 October 1998. (available at <http://www.watercontrol.org/>).
- Fan, S., Hazell, P. & Thorat, S.** 1999. *Linkages between government spending, growth and poverty in rural India*. Research Report 10. Washington, DC, IFPRI.
- FAO.** 1997. *Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options*. FAO Technical Paper No. 12. Rome.
- FAO.** 2001a. *The economics of conservation agriculture*. Land and Water Development Division. Rome.
- FAO.** 2001b. *Expert meeting proceedings of the first expert meeting on the documentation and measurement of the roles of agriculture in developing countries*. ROA Project Publication Nos. 1 and 2. Rome.
- FAO.** 2001c. *Reducing poverty, buffering economic shocks - agriculture and the non-tradable economy*, by J.W. Mellor. Expert meeting proceedings of the first expert meeting on the documentation and measurement of the roles of agriculture in developing countries, pp. 273 – 286. ROA Project Publication Nos. 1 and 2. Rome.
- FAO.** 2001d. *International e-mail conference on irrigation management transfer*. INPIM/FAO, FAO Land and Water Digital Media Series No. 17. Rome.
- FAO.** 2002a. *The state of food insecurity in the world 2002*. Rome.
- FAO.** 2002b. *Crops and drops: making the best use of water for agriculture*. Rome.
- FAO.** 2002c. *World agriculture: towards 2015/2030*. Rome.
- FAO.** 2002d. *Water source of food security*. E-mail conference organized by Land and Water Development Division, 13 September - 1 November 2002. Rome.
- FAO.** 2002e. *FAO/Government of Zambia irrigation policy review and strategy - 2002: Zambia's irrigation potential, economic growth and the poverty alleviation challenge, next steps*, by L. Mbumwae & P. Ridell. Rome.
- FAO.** 2003. *Rethinking the approach to groundwater and food security*. AGL Water Publication No. 24. Rome.
- Faurès, J-M., Hoogeveen, J. & Bruinsma, J.** 2002. *The FAO irrigated area forecast for 2030*. Rome.
- Gommes R.** 1999. *Agroclimatic concepts*. 16 p. <http://www.fao.org/sd/Eldirect/agroclim/concepts.htm>
- Grigg, N.S.** 1999. Integrated water resource management: Who should lead, who should pay? *J. Am. Wat. Res. Ass.*, 35: 527 – 534.
- Hansen, J.W.** 2002. Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Ag. Sys.*, 74: 309 – 330.
- Heilig, G.K., Fischer, G. & Velthuisen, H.** 2000. Can China feed itself? An analysis of China's food prospects with special reference to water resources. *Int. J. Sus. Dev. World Ecol.*, 7: 153 – 172.
- Ingram, K.T., Roncoli, M.C. & Kirshen, P.H.** 2002. Opportunities and constraints for farmers of west Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Ag. Sys.* 74: 331 – 349
- IRRI.** 2002. *International Rice Congress Abstracts*. Beijing 16 – 20 September 2002. International Rice Research Institute, and Chinese Academy of Agricultural Sciences. Metro Manila, Philippines, and Beijing.
- IUCN.** 2000. *Vision for water and nature. A world strategy for conservation and sustainable management of water resources in the 21st century*. Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. IUCN.
- Jones, W.I.** 1995. *The World Bank and irrigation. A World Bank Operational Evaluation Study*. Washington, DC.
- Keller, A. & Keller, J.** 1995. *Effective efficiency: a water use concept for allocating freshwater resources*. Water Resources and Irrigation Division Discussion Paper No. 22. Arlington, USA, Winrock International.
- Kijne, J.W., Molden, D. & Barker, R. eds.** 2003. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, No. 1. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Kijne, J.W., Prathapar, S.A., Wopereis, M.C.S. & Sahrawat, K.L.** 1988. *How to manage salinity in irrigated lands: a selective review with particular reference to irrigation in developing countries*. SWIM Paper No. 2. Colombo, IWMI.

## Referencias

- Kinzelbach, W. & Kunstmann, H.** 1998. *Sustainable management of groundwater resources*. Water - the key to socio-economic development and quality of life. Proceedings 8th Stockholm Water Symposium. Stockholm, Stockholm International Water Institute.
- Mellor, J.W.** 2001. Irrigation, agriculture and poverty reduction: general relationships and specific needs. In I. Hussain & E. Biltonen, eds. *Managing water for the poor: proceedings of the regional workshop on pro-poor intervention strategies in irrigated agriculture in Asia, Bangladesh, China, India, Indonesia, Pakistan and Vietnam*. Colombo, IWMI.
- Merrett, S.** 1997. *Introduction to the economics of water resources: an international perspective*. London, University College London Press.
- Moench, M.** 1994. Approaches to groundwater management: to control or enable. *Econ. Pol. W.*, September 24: A135 – A146.
- Moench, M.** 2002. Groundwater and poverty: exploring the inks. In R. Llamas & E. Custodio, eds. *Intensive use of groundwater challenges and opportunities*. Abingdon, UK, Lisse, A.A. Balkema. 478 pp.
- Molden, D., Sakthivadivel, R. & Habib, Z.** 2001. *Basin-level use and productivity of water: examples from South Asia*. Research Report 49. IWMI, Colombo.
- Oki, T., Sato, M., Kawamura, A., Miyake, M., Kanae, S. & Musiake, K.** 2003. *Virtual water trade to Japan and in the world*. Proceedings of the expert meeting held 12 – 13 December 2002, Delft, The Netherlands. Editor Arjen Hoekstra, UNESCO-IHE.
- Oweis, T.** 1997. *Supplemental irrigation: a highly efficient water-use practice*. ICARDA. 16 pp.
- Oweis, T., Hachum, A. & Kijne, J.W.** 1999. *Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas*. SWIM paper 7. Colombo, IWMI.
- Perry, C.J.** 2001. Water at any price? Issues and options in charging for irrigation water. *Irr. Dra.*, 50: 1 – 7.
- Pretty, J.** 1999. *Can sustainable agriculture feed Africa? New evidence on progress, processes and impacts*. Paper presented at the conference on Sustainable Agriculture: New Paradigms and Old Practices? Bellagio Conference Center, Italy.
- Renault, D. & Wallender, W.W.** 2000. Nutritional water productivity and diets: from 'crop per drop' towards 'nutrition per drop'. *Ag. Wat. Man.*, 45: 275 – 296.
- Renault, D.** 2003. Value of virtual water in food: principles & virtues. Proceedings of the expert meeting held 12 – 13 December 2002, Delft, The Netherlands. Editor Arjen Hoekstra, UNESCO-IHE.
- Renault, D., Hemakumara, M.H. & Molden, D.W.** 2000. Importance of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics: evidence from Sri Lanka. *Ag. Wat. Man.*, 46(3): 201 – 213.
- Rockström, J., Barron, J. & Fox, P.** 2003. Water productivity in rainfed agriculture: challenges and opportunities for smallholder farmers in drought-prone tropical agro-ecosystems. In J.W. Kijne, D. Molden, & R. Barker, eds. Forthcoming. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, No. 1. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Rogers, P., de Silva, R. & Bhatia, R.** 2002. Water is an economic good: how to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Wa. Pol.*, 4: 1 – 17.
- Rosegrant, M.W., Cai, X. & Cline, S.A.** 2002. *Global water outlook to 2025: averting an impending crisis*. Food Policy Report 2020 Vision. Washington, DC, IFPRI.
- Rosegrant, M.W., Cai, X., Cline, S.A. & Nakagawa, N.** 2001. *The role of rainfed agriculture in the future of global food production*. Washington, DC, IFPRI.
- Roy, A.D. & Shah, T.** 2002. Socio-ecology of groundwater irrigation in India. In R. Llamas & E. Custodio, eds. *Intensive use of groundwater challenges and opportunities*, pp. 307 – 335. Abingdon, UK, Lisse, A.A. Balkema.
- Sarachik, E.S.** 1999. The application of climate information. *Consequences*, 5(2): 27 – 36
- Shah, T.** 1985. *Transforming groundwater markets into powerful instruments for small farmer development: lessons from the Punjab, Uttar Pradesh, and Gujarat* (mimeo). Anand, India, Institute of Rural Management.
- Shah, T., Molden, D., Sakthivadivel, R. & Seckler, D.** 2000. *The global groundwater situation: overview of opportunities and challenges*. Colombo, IWMI.

- Shiklomanov, I.** 2000. World water resources and water use: present assessment and outlook for 2025. In F. Rijsberman, ed. *World water scenarios: analysis*. The Hague, WWF2.
- Smedema, L.K.** 2000. *Irrigation-induced river salinization: five major irrigated basins in the arid zone*. Colombo, IWMI.
- Smil, V.** 1996. Is there enough Chinese food? Review of Lester Brown's book 'Who will feed China? Wake-up call for a small planet'. *N. Y. Rev.*, February 1.
- Tabor, J.A.** 1995. Improving crop yields in the Sahel by means of water-harvesting. *J. Arid Env.*, 30: 83 – 106.
- Taylor, J.G.** 2001. Participatory irrigation management: Issues from contemporary China. In: *Managing water for the poor: Proceedings of the regional workshop on pro-poor intervention strategies in irrigated agriculture in Asia, Bangladesh, China, India, Indonesia, Pakistan and Vietnam*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Thompson, R.L.** 2001. *The World Bank strategy to rural development with special reference to the role of irrigation and drainage*. Keynote address. 1st Asian Regional Conference and Workshop on the Occasion of 52nd IEC meeting of ICID, Seoul. New Delhi, ICID. pp. 2 – 17.
- Tuong, T.P.** 1999. Productive water use in rice production: opportunities and limitations. *J. Crop Prod.*, 2(2): 241 – 264.
- van Koppen, B., Pathasarathy, R. & Safiliou, C.** 2002. *Poverty dimensions of irrigation management transfer in large-scale canal irrigation in Andhra Pradesh and Gujarat, India*. Research Report 61. Colombo, IWMI.
- van Schilfgaarde, J.** 1990. Irrigated agriculture: is it sustainable? In: *Agricultural Salinity Assessment and Management*. (ed. K.K.Tanji). New York, USA: American Society of Civil Engineers, pp 584 – 594.
- Wolff, P.** 2001. Reuse of drain water in Egypt: status, limitations and challenges. *J. App. Irri. Sci.*, 36: 125 – 148.
- Zimmer, D. & Renault, D.** 2003. *Virtual water in food production and global trade: review of methodological issues and preliminary results*. Proceedings of the expert meeting held 12 – 13 December 2002, Delft, The Netherlands. Editor Arjen Hoekstra, UNESCO-IHE.

## Descubrir el potencial del agua para la agricultura



Todos los datos estadísticos confirman que la agricultura es el sector clave para el manejo del agua, tanto en la actualidad como en las próximas décadas. Sin embargo, el sector del desarrollo rural del agua en el momento actual enfrenta dificultades, comparado con otros sectores competitivos, para obtener la prioridad que merece en los foros internacionales. Son necesarios argumentos nuevos y fuertes para dar al agua en la agricultura el lugar que le corresponde.

Las perspectivas para el futuro son claras. La agricultura tendrá que responder a modelos cambiantes de demanda de alimentos y combatir la inseguridad alimentaria y la pobreza en las comunidades marginalizadas. Al hacer esto, la agricultura deberá competir por la escasa agua disponible con otros usuarios y al mismo tiempo reducir la presión sobre el ambiente. Las políticas y las inversiones en la agricultura necesitarán ser, por lo tanto, mucho más estratégicas. Deberán descubrir el potencial de las prácticas de manejo del agua para elevar la productividad, difundir un equitativo acceso al agua y conservar la productividad natural de la base de recursos hídricos.

