

# Afrontar la escasez de agua

Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria



# Afrontar la escasez de agua

Un marco de acción para la agricultura  
y la seguridad alimentaria

38

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-307304-7 (edición impresa)  
E-ISBN 978-92-5-307633-8 (PDF)

© FAO 2013

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) o a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

## Acerca de este informe

Este informe pretende aportar un marco conceptual para tratar la cuestión de la seguridad alimentaria en condiciones de escasez de agua para la agricultura. El informe ha sido preparado por un equipo formado por consultores y miembros del personal de la FAO dentro del marco del proyecto “Afrontar la escasez de agua – el papel de la agricultura”, y se debatió en una Consulta de Expertos sobre el mismo tema celebrada en la sede de la FAO, en Roma, durante los días 14–16 de diciembre de 2009. Posteriormente, el informe fue editado y revisado, teniendo en cuenta las conversaciones y los materiales presentados en la Consulta de Expertos.

El objetivo de la Consulta de Expertos era ayudar a la FAO a mejorar el diseño de su programa de escasez de agua. En concreto, se pidió a los expertos que hicieran recomendaciones sobre las opciones técnicas y políticas, y los principios asociados a las mismas, que la FAO debería promover como parte de una respuesta desde la agricultura a la escasez de agua en los Estados Miembros.

El documento ofrece varias visiones sobre el marco conceptual en el que se debería basar el programa de escasez de agua de la FAO, propone algunas definiciones asociadas al concepto de escasez de agua, e indica los principios fundamentales sobre los que la FAO debería basar sus acciones de apoyo a los Estados Miembros. En la Consulta, se pidió a los expertos que revisaran un borrador y aportaran sus opiniones y recomendaciones para su finalización. Entre las cuestiones tratadas se encuentran las siguientes:

- Escasez de agua: acuerdo sobre las definiciones clave.
- Conceptualización de la escasez de agua de forma que tenga sentido para el desarrollo de políticas y la toma de decisiones.
- Cuantificación de la escasez de agua.
- Opciones políticas y técnicas de respuesta para garantizar la seguridad alimentaria en condiciones de escasez de agua.
- Criterios y principios que deberían usarse para establecer las acciones prioritarias de respuesta a la escasez de agua para la agricultura y para asegurar estrategias que la afronten de forma efectiva y eficiente.

## Agradecimientos

La FAO se ha embarcado recientemente en una colaboración a largo plazo con el Gobierno de Italia, que se ha comprometido a financiar un programa modular sobre el tema “Afrontar la escasez de agua – el papel de la agricultura”. El programa incluye el desarrollo de un marco conceptual para tratar la seguridad alimentaria en condiciones de escasez de agua.

Este informe ha sido preparado por un equipo de la División de Tierras y Aguas de la FAO, junto con la colaboración de varios expertos. Pasquale Steduto, como responsable principal del Fondo Fiduciario Italiano “Afrontar la escasez de agua”, dirigió la iniciativa y coordinó la preparación del informe. Jean-Marc Faurès, Jippe Hoogeveen y Jim Winpenny, escribieron el informe en colaboración con Pasquale Steduto y Jacob Burke. Charles Batchelor preparó un documento sobre contabilidad y auditoría del agua, que fue de gran apoyo para la preparación de este informe.

Participantes en la Consulta de Expertos que han contribuido a revisar y validar este informe: Mary Harwood (Australia), François Molle (Francia), Humberto Peña Torrealba (Chile), Mei Xurong and Gan Hong (China), Walter Huppert y Elisabeth Van Den Akker (Alemania), Nicola Lamaddalena y Stefano Burchi (Italia), Wim Bastiaanssen (Holanda), Amadou Allahoury Diallo (Níger), Rivka Kfir (Sudáfrica), Consuelo Varela-Ortega y Elías Fereres- Castiel (España), Netij Ben Mechlia (Túnez), Chris Perry y Charles Batchelor (Reino Unido), Mark Svendsen y Donald A. Wilhite (Estados Unidos), Chandra A. Madramootoo (Comisión Internacional de Riegos y Drenajes, ICID), Rudolph Cleveringa (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, FIDA) y David Molden (Instituto Internacional de Gestión de Agua, IWMI).

Participantes de la FAO que han colaborado en la revisión y han ayudado a terminar el informe: Jacob Burke, Thierry Facon, Jean-Marc Faurès, Karen Frenken, Nicoletta Forlano, Jippe Hoogeveen, Gabriella Izzi, Sasha Koo-Oshima, Alba Martinez-Salas, Patricia Mejías-Moreno, Daniel Renault, Guido Santini, Pasquale Steduto y Domitille Vallée. Johan Kuylenstierna (ONU-AGUA) participó como coordinador de la Consulta de Expertos.

Helen Foster y Lena Steriti prestaron asistencia para la organización de la Consulta de Expertos. Este informe ha sido editado en inglés por Thor Lawrence. La traducción al español ha sido realizada por Lucía González Urien y Patricia Mejías-Moreno ha llevado a cabo la revisión final. Gabrielle Zanolli se ha ocupado de la maquetación.

# Índice de contenidos

<b>Acerca de este informe</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>iv</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>ix</b>
Elementos fundamentales de la escasez de agua y el papel de la agricultura	ix
Medición de la escasez de agua: el ciclo hidrológico	x
Opciones políticas y de gestión	x
Aumento del suministro	xi
Gestión de la demanda en agricultura	xi
Acciones fuera del dominio hídrico	xiii
Evaluar y combinar opciones mediante una curva de coste	xiv
Principios para la acción	xiv
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 La 'crisis' del agua	1
1.2 Agricultura, agua y seguridad alimentaria	2
1.3 Objetivos y alcance de este informe	3
<b>2. Definición de escasez de agua</b>	<b>5</b>
2.1 Definiciones existentes de escasez de agua	5
2.2 Definiciones usadas en este informe	5
2.3 Principales aspectos de la escasez de agua	6
2.4 Indicadores de escasez de agua	7
2.5 El ciclo hidrológico	8
<b>3. Elementos fundamentales de la escasez de agua</b>	<b>11</b>
3.1 Factores que afectan al suministro de agua	12
3.2 Factores que afectan a la demanda de agua	14
<b>4. Afrontar la escasez de agua: marco conceptual</b>	<b>17</b>
4.1 Construyendo sobre trabajos previos	17
4.2 Opciones de respuesta a la escasez de agua según el área política	18

4.3 Un modelo dinámico de respuestas políticas	20
4.4 Respuesta agrícola a la escasez de agua	21
<b>5. Contabilidad del agua: el presupuesto de agua correcto</b>	<b>25</b>
5.1 Contabilidad transparente del agua	25
5.2 Principales dificultades de la contabilidad del agua	26
5.3 Tipos de contabilidad del agua	26
Contabilidad macroeconómica del agua: Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del Agua	27
Acortando la brecha entre suministro y demanda: curva de coste del agua	27
Seguimiento participativo del agua subterránea	28
Comercio de derechos de agua: contabilidad del agua en Australia	29
Contabilidad del agua basada en técnicas de teledetección	30
Contabilidad del agua por producto: el concepto de huella hídrica	30
Contabilidad del agua para empresas	31
5.4 De contabilidad a auditoría del agua	31
<b>6. Opciones de respuesta políticas y de gestión</b>	<b>33</b>
6.1 Opciones dentro del dominio hídrico (todos los sectores)	33
Gestión del suministro	36
Gestión de la demanda	38
6.2 Opciones dentro del dominio de la gestión del agua agrícola	41
Mejora del suministro	41
Reciclaje y reutilización de agua en el riego	41
Reducción de las pérdidas de agua	42
Mejora de la productividad del agua de los cultivos	46
Re-asignación del agua de usos de menos valor a usos de más valor en regadío	47
6.3 Opciones fuera del dominio hídrico	48
Invertir en agricultura de secano	48
Reducción de pérdidas en la cadena alimenticia	48
Más allá de la producción agrícola: el agua virtual y el papel del comercio	49

6.4 Problemas de escala e interdependencia de las opciones de respuesta	50
6.5 La curva de coste del suministro de alimentos como herramienta para la toma de decisiones	50
Aplicación de la curva de coste a las estrategias de suministro de alimentos	50
Cálculo de la curva de coste del suministro de alimentos	55
<b>7. Principios para la acción</b>	<b>57</b>
7.1 Conocimiento: basar las estrategias en un buen entendimiento de las causas y efectos de la escasez de agua	57
7.2 Impactos: evaluar todos los costes y beneficios y usar criterios de decisión sistemáticos e integrales	58
7.3 Capacidad: asegurar el nivel adecuado de gobernanza y de capacidad institucional	58
7.4 Especificidad según el contexto: adaptar la respuesta a las condiciones locales	59
7.5 Coherencia política: coordinación entre políticas hídricas, agrícolas y de seguridad alimentaria	60
7.6 Preparación: anticipar cambios mediante una toma de decisiones sólida y una gestión adaptativa	60
<b>Referencias</b>	<b>62</b>
<b>Anexo 1. Definiciones</b>	<b>69</b>
<b>Anexo 2. Agenda de la Consulta de Expertos</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 3. Lista de participantes en la Consulta de Expertos</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 4. Lista de presentaciones de la Consulta de Expertos</b>	<b>78</b>

## Índice de figuras

1. Factores que afectan a la disponibilidad de agua	12
2. Representación de las opciones de respuesta a la escasez dentro de un contexto político más amplio	19
3. Afrontar la escasez de agua: secuencia de la demanda relativa de agua por parte de los distintos sectores y opciones de respuesta a lo largo del tiempo	21
4. Representación esquemática de la importancia relativa de distintas opciones para afrontar, desde el sector agrícola, niveles crecientes de escasez de agua con el tiempo	22
5. Curva de coste típica para una determinada opción de respuesta	52
6. Opciones disponibles para aumentar el suministro de alimentos y sus costes correspondientes a nivel nacional – caso de un país en el que toda la tierra está en uso y no se prevé ninguna expansión	53
7. Curva de coste del suministro de alimentos – caso de un país en el que toda la tierra está en uso	54
8. Ejemplo de curva de coste del suministro de alimentos – caso de un país con escasez de recursos y déficit alimentario	54

## Índice de tablas

1. Definiciones convencionales de niveles de estrés hídrico	7
2. Opciones de respuesta según el área política	19
3. De contabilidad a auditoría del agua	32
4. Estrategias y políticas para afrontar la escasez de agua según categorías de responsabilidad	34
5. Resumen de opciones para afrontar la escasez de agua	35
6. Escala de aplicación de las distintas opciones de respuesta	51

## Índice de cuadros

1. Gestión participativa colectiva del agua subterránea en Andhra Pradesh	29
2. Componentes de la extracción de agua para riego	44
3. Prácticas de ahorro de agua en sistemas de canales de arrozales de Asia	45

# Resumen ejecutivo

En pocas palabras, la escasez de agua tiene lugar cuando la demanda supera el suministro de agua dulce en un área determinada.

Escasez de agua = un exceso de demanda de agua para el suministro disponible

Esta situación aparece como consecuencia de una elevada demanda agregada por parte de todos los sectores que consumen agua respecto al suministro disponible, bajo las condiciones de infraestructuras y las disposiciones institucionales existentes. La escasez de agua se pone de manifiesto por la insatisfacción total o parcial de la demanda expresada, la competición económica por la calidad y la cantidad del agua, los conflictos entre usuarios, el agotamiento irreversible de las aguas subterráneas, y las consecuencias negativas para el medio ambiente.

La escasez de agua es un concepto relativo y dinámico, y puede aparecer a cualquier nivel de suministro o demanda, pero también es una construcción social: todas sus causas están relacionadas con la intervención humana en el ciclo del agua. Cambia con el tiempo a consecuencia de la variabilidad hidrológica natural, pero varía aun más en función de los modelos existentes de gestión, planificación y política económica. Cabe esperar que la escasez de agua se intensifique con casi todas las formas de desarrollo económico, pero si se identifican correctamente, muchas de sus causas pueden anticiparse, evitarse o mitigarse.

Los tres aspectos principales que caracterizan la escasez de agua son: la falta física de agua disponible para satisfacer la demanda; el nivel de desarrollo de las infraestructuras que controlan el almacenamiento, distribución y acceso; y la capacidad institucional para aportar los servicios de agua necesarios.

## ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA ESCASEZ DE AGUA Y EL PAPEL DE LA AGRICULTURA

El uso de agua sin restricciones ha crecido a nivel global a un ritmo de más del doble del aumento de la población en el siglo XX, hasta tal punto que en muchas regiones ya no es posible el suministro de un servicio de agua fiable. La presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre un recurso renovable pero finito, sobre todo en regiones áridas y semiáridas.

La agricultura es el sector económico en el que la escasez de agua tiene más relevancia. En la actualidad, la agricultura es responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso consuntivo. Bajo la presión conjunta del crecimiento de la población y de los cambios en la dieta, el consumo de alimentos está aumentando en casi todas las regiones del mundo. Se espera que para el año 2050 sea necesario producir 1 billón de toneladas de cereal y 200 millones de toneladas de carne más al año para poder satisfacer la creciente demanda de alimentos.

Hasta qué punto es este crecimiento constante de la demanda de agua ‘negociable’? En general, se entiende que el agua para satisfacer las necesidades básicas no es negociable – para mantener la salud los humanos necesitan un nivel mínimo de acceso a agua de buena calidad. Del mismo modo, con el reconocimiento cada vez más extendido del derecho a los alimentos, y siendo el agua un factor crítico para su producción, se puede considerar una cantidad mínima para la producción de subsistencia que tampoco sería negociable. Sin embargo, a nivel global, las

extracciones de agua para uso doméstico solo representan el 10% de todos los usos y tienen una tasa de consumo muy baja – la mayor parte del agua de uso doméstico vuelve al medio ambiente con unas pérdidas mínimas por evaporación incluso si se ha degradado su calidad. Por el contrario, el uso agrícola tiene consecuencias directas aguas abajo ya que la producción de biomasa precisa grandes cantidades de agua que se perderán por transpiración. Si el agua se usa para regar y se pierde por transpiración, esto supone una pérdida hidrológica local que reduce la disponibilidad de agua en las zonas situadas aguas abajo. El objetivo de este informe es evaluar las opciones y las posibilidades de ajuste del uso de agua en la agricultura en respuesta a la escasez de agua.

## MEDICIÓN DE LA ESCASEZ DE AGUA: EL CICLO HIDROLÓGICO

El correcto entendimiento de la escasez de agua depende de la comprensión de las leyes físicas que rigen los procesos hidrológicos, y de los medios para asignar y medir el uso del agua.

1. **El agua es un recurso renovable**, pero sus patrones cambian con el espacio y el tiempo.
2. **El agua está en un estado continuo de cambio** entre sus distintos estados (sólido, líquido y gaseoso) que está determinado por los gradientes de energía asociados a los procesos físicos de evaporación, transpiración, condensación, precipitación, infiltración, escorrentía, flujo sub-superficial o hipodérmico, congelación y fusión. La planificación y gestión debería basarse en estos flujos y fluctuaciones, más que en las reservas.
3. **El balance hídrico está gobernado por la conservación de la masa.** La cantidad de agua que llega a un área determinada es igual a la cantidad de agua que sale de esa misma área y cualquier diferencia resultaría en cambios en el almacenamiento. Las interconexiones entre agua superficial, agua subterránea, contenido de humedad del suelo y procesos de evapotranspiración son de vital importancia, y aun no quedan bien reflejadas en muchos planes de gestión de agua a nivel nacional.
4. **Todos los terrenos de una cuenca fluvial están conectados por el agua.** Por lo tanto, las acciones realizadas en una parte del ciclo hidrológico tendrán consecuencias en otras partes del sistema, de modo que para casi todos los propósitos e intenciones, el agua se gestiona mejor basándose en unidades hidrográficas.
5. Con la intensificación del uso del agua, **las funciones de limpieza y dilución de los ecosistemas acuáticos se ven forzadas hasta sus límites, dando lugar a la acumulación de sustancias contaminantes.**
6. Si se desea mantener un **conjunto de bienes y servicios del ecosistema acuático, es necesario imponer limitaciones** sobre la disponibilidad de agua para uso humano en un área determinada.
7. Por lo tanto, **la contabilidad del agua**, es decir, la organización y presentación sistemática de la información sobre los volúmenes físicos y la calidad de los caudales (desde el origen hasta el sumidero) de agua en el entorno natural, así como los aspectos económicos del suministro y el uso del agua, debería ser la base para el desarrollo de cualquier estrategia para afrontar la escasez de agua. La contabilidad del agua aporta una visión completa de los recursos hídricos y de los sistemas de suministro y de cómo están relacionados con las demandas sociales y el uso real.
8. Las **auditorías del agua** van un paso más allá, y colocan el suministro y la demanda de agua en un contexto más amplio que considera gobernanza, instituciones, finanzas, accesibilidad e incertidumbre. Todos estos son elementos necesarios para diseñar estrategias efectivas para afrontar la escasez de agua.

## OPCIONES POLÍTICAS Y DE GESTIÓN

Las opciones para afrontar la escasez de agua pueden dividirse en *aumento del suministro y gestión de la demanda*. El aumento del suministro contempla el incremento del acceso a fuentes de agua convencionales, la reutilización de aguas de drenaje y de aguas residuales, los trasvases

entre cuencas, la desalinización y el control de la contaminación. La gestión de la demanda se define como un conjunto de acciones que controlan la demanda, bien aumentando la eficiencia económica general del uso del agua como recurso natural, o bien re-asignando los recursos hídricos dentro de cada sector y entre los distintos sectores. Las opciones para afrontar la escasez de agua en la agricultura se pueden ver como un continuo desde la fuente de agua hasta el usuario final (el agricultor), y posteriormente, el consumidor de productos agrícolas. Sin embargo, se debe hacer hincapié en que al nivel de demanda de agua agrícola observado normalmente en los países productores de alimentos, las medidas para el aumento del suministro y la gestión de la demanda, están a menudo conectadas a través del ciclo hidrológico.

## AUMENTO DEL SUMINISTRO

A lo largo del siglo XX, se han utilizado grandes presas multiusos para cubrir las necesidades de agua para agricultura, energía y ciudades en crecimiento, y para ayudar a proteger a la población de las inundaciones. Aunque aun se podrían hacer más presas en algunas regiones, casi todas las localizaciones adecuadas para ello están ya en uso, y la construcción de nuevos embalses cada vez está más cuestionada por consideraciones económicas, sociales y medioambientales.

La conservación de agua dentro de las fincas agrícolas, sobre todo la adopción de prácticas agrícolas que reduzcan las pérdidas por escorrentía, para aumentar la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo en agricultura de secano, es la opción de aumento del suministro local más relevante para que los agricultores aumenten su producción. A una escala algo mayor, se pueden emplear pequeños sistemas descentralizados de captación y almacenamiento de agua que contribuyan a aumentar la disponibilidad de agua y la producción agrícola a nivel doméstico y comunitario. Sin embargo, algunos ambiciosos programas de captación de agua a pequeña escala, como el programa de gestión de cuenca desarrollado en Andhra Pradesh y en otras partes de India, han resultado tener un impacto significativo en la hidrología del área de captación y en la disponibilidad de agua aguas abajo.

La explotación de aguas subterráneas ha crecido exponencialmente en escala e intensidad a lo largo de las últimas décadas. Los agricultores han visto como una gran ventaja la capacidad del agua subterránea para ofrecer un suministro flexible y a demanda para el riego. La intensificación del uso de agua subterránea ha contribuido a mejorar las vidas de millones de personas en áreas rurales, pero también ha resultado en el agotamiento a largo plazo de los acuíferos, en la contaminación del agua subterránea y en la intrusión salina en importantes acuíferos costeros.

La adopción de medidas para el reciclaje del agua de drenaje y de aguas residuales para la agricultura suele tener una correlación positiva con la escasez de agua. La reutilización del agua de drenaje es una realidad en la mayoría de los grandes sistemas de riego, en particular en los grandes arrozales de Asia. De menor peso global, pero igualmente importante a nivel local, es la reutilización de aguas residuales urbanas (se estima que en todo el mundo unos 20 millones de hectáreas de tierras agrícolas se riegan con aguas residuales). Es necesario esforzarse por evaluar mejor la reutilización y su potencial, y promover el reciclaje seguro de aguas residuales en la agricultura, sobre todo en áreas con escasez de agua.

## GESTIÓN DE LA DEMANDA EN AGRICULTURA

En términos amplios, la agricultura tiene tres opciones para gestionar la demanda de agua total dentro del dominio hídrico:

- Reducir las pérdidas de agua;
- aumentar la productividad del agua; y
- re-asignar el agua.

Normalmente, la primera opción más evidente es aumentar la eficiencia del uso del agua reduciendo las pérdidas en el proceso de producción. Técnicamente, 'eficiencia del uso del agua' es un ratio sin unidades que se puede calcular a cualquier escala, desde el sistema de riego hasta el punto de consumo en el campo. Generalmente se aplica a cualquier gestión que reduzca el uso no beneficioso del agua (por ejemplo, reducción de fugas o pérdidas por evaporación durante el transporte y la aplicación del agua). La segunda opción es aumentar la productividad del agua. Esto supone obtener más cultivo o más valor por volumen de agua aplicado. La tercera opción es re-assignar el agua a usos de más valor mediante transferencias intersectoriales (transferencias al suministro municipal, por ejemplo) o transferencias intrasectoriales, limitando el área regada para un determinado cultivo para reducir la evapotranspiración o desviando el agua a cultivos más valiosos.

Claramente hay opciones para gestionar la demanda de agua para agricultura en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, a menudo se hace demasiado énfasis en la primera opción, dirigiendo todos los esfuerzos a reducir las 'pérdidas' de agua en los sistemas de distribución de riego. Hay dos factores que limitan la viabilidad y el impacto de la reducción de las pérdidas de agua. En primer lugar, solo una parte del agua 'perdida' durante su extracción para *usos beneficiosos* (definida como el agua desviada para fines con beneficios claros y tangibles, como uso doméstico, riego, o procesado y refrigeración industrial), se puede recuperar de forma efectiva a un coste razonable. En segundo lugar, parte del agua 'perdida' entre su origen y el usuario final vuelve al sistema hidrológico, bien por percolación en los acuíferos o bien como caudal de retorno a los sistemas fluviales. La proporción de agua que se pierde en consumo no beneficioso, por evaporación o por drenaje a masas de agua de baja calidad o al mar, varía según las condiciones locales. Es necesario estudiar con detalle las posibilidades reales de reducir las pérdidas de agua para evitar el diseño de estrategias de gestión de la demanda ineficaces y costosas.

En la mayoría de los casos, la única forma para gestionar la demanda de agua en la agricultura es aumentar la productividad del agua. El aumento del rendimiento de los cultivos (producción por unidad de tierra) es la vía más importante para aumentar la productividad de los cultivos con respecto al agua. El aumento de los rendimientos es posible a través de varios elementos, como mejora del control del agua, mejora de la gestión de la tierra y ciertas prácticas agronómicas. Esto incluye la elección del material genético y la mejora de la gestión de la fertilidad del suelo y de la protección de los cultivos. Es importante tener en cuenta que la mejora genética y la biotecnología pueden ayudar aumentando las partes cosechables de la biomasa, reduciendo las pérdidas de biomasa al aumentar la resistencia a plagas y enfermedades, reduciendo la evaporación del suelo mediante un crecimiento temprano vigoroso que cubra el suelo rápidamente, y aumentando la resistencia a la sequía. Por lo tanto, es importante considerar la gestión de la demanda total centrándose en la productividad, en vez de concentrarse únicamente en la eficiencia técnica del uso del agua.

Si se considera la productividad en términos de valor añadido y no de producción, la re-assignación del suministro de agua a cultivos de más valor es una salida obvia para los agricultores que quieran aumentar su nivel de ingresos. Para que esto ocurra, es necesario que se produzcan cambios tanto en la gestión como en la tecnología asociadas al riego, para dar a los agricultores un mayor control sobre el suministro de agua. Además, para poder hacer el cambio a cultivos de más valor es necesario tener acceso a insumos, como semillas, fertilizantes y crédito, así como a la tecnología y al conocimiento técnico, y unas condiciones razonables para operar en un mercado mucho más competitivo. Sin embargo, en la práctica, muy pocos agricultores son capaces de tomar esta decisión, puesto que el mercado de cultivos de más valor es más limitado que el de productos básicos. Aparte de la preocupación por la productividad, es posible que la demanda de agua esté simplemente limitada o tenga un tope. Esta es una medida que se aplica comúnmente cuando el volumen de evapotranspiración usado en la producción de una unidad de producto agrícola se limita al reducir el área de riego.

Un aspecto clave de las estrategias de gestión de la demanda es comprender los papeles, actitudes y estrategias de las partes implicadas, entre ellas las instituciones correspondientes. En última instancia, es al nivel del agricultor donde se produce el mayor consumo de agua. Su comportamiento y su capacidad de adaptación estarán determinados por un conjunto de iniciativas seleccionadas con mucho cuidado que implican cambios estructurales e institucionales, y una mayor fiabilidad y flexibilidad del suministro de agua. Las estrategias de los agricultores estarán encaminadas al ahorro de agua únicamente cuando la disponibilidad de la misma se convierta en el principal factor limitante. Las políticas basadas en sistemas de tarifas dirigidas a reducir la demanda de agua agrícola han demostrado tener éxito en algunos casos, pero precisan unas condiciones muy limitantes y a menudo son difíciles de implementar. Los modelos basados en cuotas o usos (o extracciones) de agua tienen en la mayoría de los casos mayores probabilidades de éxito.

## ACCIONES FUERA DEL DOMINIO HÍDRICO

La respuesta agrícola a la escasez de agua se encuentra, al menos en parte, fuera del dominio hídrico. En este punto, se pueden identificar otras medidas que pueden ayudar a gestionar la demanda de agua:

- reducción de las pérdidas en la cadena de valor post-cosecha;
- reducción de la demanda de producción de regadío sustituyéndola por importaciones de secano; y
- reducción de la demanda de agua agrícola per cápita.

### Reducción de las pérdidas en la cadena de valor post-cosecha

Además de en la producción agrícola, también se pueden ahorrar importantes cantidades de agua tratando cuestiones como el gasto en la cadena alimenticia, las dietas, y el papel del comercio agrícola. A lo largo de toda la cadena alimenticia se producen pérdidas y despilfarros, que se han estimado en un 50% de la producción en países desarrollados. Parte de estas pérdidas es irrecuperable, pero merece la pena identificar con cuidado las mayores fuentes de pérdidas y evaluar las posibles opciones para reducirlas.

### Reducción de la demanda de producción de regadío a través de la sustitución

Se pueden considerar como opciones posibles el aumento de la producción de secano y la importación de alimentos a través del comercio internacional.

Hay varias razones para invertir en agricultura de secano como parte de la estrategia para afrontar la escasez de agua, pero las posibilidades varían mucho de un sitio a otro. En lugares en los que el clima favorece la agricultura de secano, hay mucho potencial para incrementar la productividad si los rendimientos aun son bajos, como es el caso en muchas regiones de África subsahariana. En esta situación, una combinación de buenas prácticas agrícolas, la mejora de los vínculos hacia arriba y hacia abajo de la explotación agrícola (acceso a financiación, insumos y mercados), y seguros para protegerse de fenómenos meteorológicos, puede mejorar la productividad agrícola con un impacto muy pequeño sobre los recursos hídricos.

El comercio es especialmente importante en países en los que la escasez de agua limita la capacidad de la agricultura para satisfacer las necesidades de otros productos agrícolas. En los años noventa se desarrolló el concepto de 'agua virtual' para indicar que en un mundo razonablemente seguro e interdependiente, se pueden obtener mejoras en la productividad del agua poniendo cultivos en zonas en las que el clima hace posible una alta productividad del agua a menor coste y vendiéndolos en zonas con una menor productividad del agua. Aunque raramente se expresa en términos de agua, el comercio de agua virtual es ya una realidad en muchos países con escasez de agua, y se espera que crezca en el futuro.

### **Reducción de la demanda de agua per cápita**

Finalmente, el aumento del consumo de carne, y en menor medida, el de productos lácteos, se traduce en un aumento del consumo de agua, ya que su producción requiere grandes cantidades de agua. El punto hasta el que las sociedades están dispuestas a modificar sus hábitos alimenticios como parte de un esfuerzo mayor por reducir su *huella* ambiental es algo que queda más allá de la preocupación por la escasez de agua. Sin embargo, tiene implicaciones para la seguridad alimentaria nacional y para las estrategias para afrontar la escasez de agua.

## **EVALUAR Y COMBINAR OPCIONES DE SUMINISTRO DE ALIMENTOS MEDIANTE UNA CURVA DE COSTE**

Para poder ayudar a los responsables de la toma de decisiones a elegir entre todas las opciones disponibles, es necesario evaluarlas según su efectividad, coste y viabilidad técnica, social y medioambiental. También se deben analizar cuidadosamente los aspectos políticos de cada una de las opciones.

La “curva del coste del suministro de alimentos” puede dar información sobre cómo un país puede cubrir sus carencias en el suministro de alimentos de una forma rentable. La curva clasifica las opciones de suministro de alimentos según su coste y constituye una herramienta sencilla para evaluar la rentabilidad en el cumplimiento de los objetivos de suministro de alimentos. Cuando se emplea a nivel nacional, cada país tiene su propia curva, basada en el nivel de intensificación, la disponibilidad de tierra y agua, y las pérdidas en la cadena alimentaria de ese momento. La curva de coste es un método sencillo pero muy valioso para identificar y clasificar las opciones de producción de alimentos en condiciones de escasez de agua. Gran parte de la complejidad reside en el establecimiento de curvas individuales de coste para las diferentes opciones, que requiere un buen entendimiento de las condiciones agronómicas, hidrológicas y socio-económicas en las que las mejoras tendrán lugar.

## **PRINCIPIOS PARA LA ACCIÓN**

La selección de las opciones correctas dependerá de las condiciones locales, y es poco probable que se pueda seleccionar un único conjunto de opciones como la solución ‘óptima’. Tampoco se puede considerar una determinada opción útil en todos los contextos. ‘No hacer nada’ no es una opción en condiciones de escasez, puesto que produciría degradación medioambiental, uso sub-óptimo de los escasos recursos, desigualdad en el acceso a estos recursos, e impactos negativos globales sobre el bienestar económico y social. Por lo tanto, en vez de intentar dar soluciones a la escasez de agua, se sugiere que las opciones políticas y las estrategias correspondientes se basen en un conjunto de principios generales que sean válidos en distintos escenarios socio-económicos. A continuación se presentan los seis principios que se han desarrollado.

### **Conocimiento: basar las estrategias en un buen entendimiento de las causas y efectos de la escasez de agua**

Las estrategias deberían basarse en evidencias y no en rumores o intuiciones. También debería llevarse una contabilidad detallada del suministro y la demanda de agua desde el principio. Las interrelaciones entre las aguas superficiales y subterráneas, entre las acometidas situadas aguas arriba y aguas abajo, entre calidades y volúmenes, y la importancia del reciclaje del agua dentro de las cuencas fluviales afectan a la efectividad de las acciones propuestas. Las estrategias para afrontar la escasez de agua bienintencionadas, pero mal informadas pueden tener efectos negativos significativos en la forma en que el agua es distribuida dentro de la cuenca, sin obtener el ahorro esperado.

**Impactos: evaluar todos los costes y beneficios y usar criterios de decisión sistemáticos e integrales**

Parece obvio que a la hora de decidir entre varias opciones se debe considerar la relación costo-efectividad, junto con valores colectivos y de igualdad. Sin embargo, algunas experiencias anteriores muestran que el análisis de costos-beneficios a menudo se ha pasado por alto o se han subestimado el posible impacto negativo de las intervenciones de aprovechamiento de agua sobre las personas o el medio ambiente, a la vez que se han sobrestimado otros beneficios. En concreto, con frecuencia se han seleccionado opciones de aumento de suministro al margen de un análisis razonable, lo que ha llevado a tener sub-sectores demasiado equipados y a una escasez de agua ‘artificial’ o ‘construida’. El cálculo de la relación costo-efectividad ha de acompañar varios aspectos. Varía con el tiempo, como resultado de los cambios en el conocimiento de los valores y los procesos sociales y ambientales, así como de los cambios en el valor añadido de los distintos sectores usuarios de agua. El análisis cuidadoso del costo-efectividad de cada opción es la única forma de identificar mejor las fuentes de ganancias más prometedoras en la gestión de la demanda de agua.

Es necesario contar con mecanismos de financiación realistas para que las iniciativas hídricas cubran el coste completo de los programas e intervenciones relacionados con la escasez de agua. En muchos casos, esto significa poner menos énfasis en los costes de capital de la construcción y la ingeniería y centrarse más en capacitación, planificación basada en las partes implicadas, operación y mantenimiento y otros costes de apoyo institucional a largo plazo.

**Capacidad: asegurar el nivel adecuado de gobernanza del agua y de capacidad institucional**

Los conflictos entre usuarios empeoran con la escasez de agua y aumentan la probabilidad de generar consecuencias negativas para los grupos sociales vulnerables y para el medio ambiente. Según la gestión de la demanda va ganando importancia, se necesitan instituciones más fuertes para garantizar una distribución equitativa de los beneficios y del mantenimiento de los servicios ambientales. A medida que la escasez de agua se agrava, se hace cada vez más importante tener una mejor definición de las funciones y las responsabilidades, fortalecer las instituciones locales, revisar las políticas, adaptar las leyes y usar mecanismos de incentivos. Es necesario trabajar para instaurar una nueva cultura de gestión del agua, con campañas de concienciación social, programas educativos, formación y capacitación a todos los niveles, incluso entre los grupos de usuarios. Las instituciones también han de adaptarse a modelos en los que agentes públicos, privados o de otro tipo, puedan llevar a cabo tareas de gestión de forma conjunta.

**Especificidad según el contexto: adaptar la respuesta a las condiciones locales**

La respuesta de un país a la escasez de agua depende de varios factores, entre ellos, las condiciones agroclimáticas, el nivel de escasez de agua, el papel de la agricultura en la economía nacional y los valores de la sociedad. También depende de factores externos, como el entorno de comercio global y de cooperación, y las previsiones del cambio climático. Además, a la vista de los rápidos cambios acontecidos en los terrenos medioambiental, social y geopolítico, es posible que lo que se considera bien adaptado hoy no lo esté mañana, y por tanto se debe esperar que las estrategias cambien.

**Coherencia política: coordinación entre las políticas hídricas, agrícolas y de seguridad alimentaria**

Todas las decisiones que se toman fuera del dominio hídrico, como las que determinan los precios de la energía, acuerdos comerciales, subsidios agrícolas y estrategias para la reducción de la pobreza, pueden tener un gran impacto en el suministro y la demanda de agua, y por tanto en la escasez de la misma. Es crucial que haya coordinación entre las distintas políticas, legislaciones y medidas fiscales que afectan a la gestión del agua, al suministro de servicio y al nivel de demanda. Las políticas agrícolas y de seguridad alimentaria están estrechamente ligadas a las políticas hídricas y esto debe tenerse en cuenta para garantizar la coherencia global.

**Preparación: anticipar los cambios a través de una toma de decisiones sólida y de una gestión adaptativa**

Los sistemas de planificación y gestión han de ser flexibles y adaptativos y han de basarse en el continuo aprendizaje social e institucional. La gestión adaptativa reconoce el alto nivel de incertidumbre sobre las situaciones futuras y da gran importancia a una planificación flexible que permita mejorar regularmente los planes y actividades. Ese nivel de capacidad de respuesta solo es posible si se mantiene la información y el conocimiento al día, y si los sistemas de seguimiento y de manejo de la información suministran a los responsables de la toma de decisiones información fiable. Siempre existe el riesgo de que las estrategias para afrontar la escasez de agua fallen por factores externos, como el cambio climático, crisis económicas y financieras globales, y cambios en los acuerdos de cooperación internacional. La creación de escenarios, como parte integral del diseño de estrategias, es una forma de identificar y mitigar dichos riesgos, y de desarrollar respuestas sólidas a la incertidumbre de las situaciones futuras.

# 1. Introducción

## 1.1 LA 'CRISIS' DEL AGUA

Las últimas ediciones del Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (ONU-Agua, 2009, 2012) contemplan cómo las distintas crisis globales ocurridas recientemente – cambio climático, energía, seguridad alimentaria, recesión económica y turbulencias financieras – están relacionadas entre sí y tienen un impacto sobre el agua. Los informes nos recuerdan que el agua tiene un importante papel en todos los sectores de la economía y que es esencial para alcanzar un desarrollo sostenible y para cumplir los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

Según aumenta la demanda humana de agua y se intensifica la competencia entre los distintos sectores que la usan, su escasez se hace aparente de formas muy distintas. Sin embargo, las relaciones entre los entornos hidrológicos locales, los medios de vida de las personas y el desarrollo económico son a menudo difíciles de entender. Hace tiempo que es necesario realizar una valoración objetiva de lo que se entiende por 'escasez' y de cómo se espera que la escasez de agua afecte a las rápidas transiciones sociales, económicas y medioambientales de las que somos testigos hoy día. Este informe toma el uso agrícola del agua como punto de partida, puesto que este es el sector que dominará las extracciones globales de agua en el futuro inmediato.

La Evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura (CA, 2007) planteó la pregunta: Hay tierra, agua y capacidad humana suficiente para producir alimentos para una población creciente en los próximos 50 años – o se agotará el agua? La respuesta fue la siguiente: Es posible producir los alimentos – pero es probable que las tendencias actuales en el medio ambiente y la producción de alimentos, de continuar así, provoquen crisis en muchos lugares del mundo. Sólo si trabajamos para mejorar el uso del agua en la agricultura, seremos capaces de superar los grandes desafíos a los que se enfrentará la humanidad en los próximos 50 años por causa de la escasez de agua dulce. Dicho de otra manera, *seguir haciendo lo de siempre* no es una opción viable. Para poder evitar crisis tanto transitorias como a largo plazo, es necesario hacer cambios reales en la forma en la que se regula y usa el agua.

Existe la creencia bastante extendida de que el agua está empezando a ser un bien escaso como resultado de ciertas tendencias que son hasta cierto punto inevitables, especialmente el crecimiento de la población y, como consecuencia, el incremento de la demanda de agua para la producción de alimentos y para usos domésticos, industriales y municipales. Esto hace que muchas personas lleguen a la conclusión de que una 'crisis del agua' es inevitable. Por el contrario, los desafíos (o posibles crisis) más predecibles se pueden evitar en gran medida adaptando la forma en que el agua es gestionada y regulada (Moriarty, Butterworth y Batchelor, 2004). Hoy día, las opciones para una gestión del agua que contribuya de forma eficaz a cubrir las necesidades humanas básicas y a sostener los medios de vida de las personas están muy bien documentadas (CA, 2007; ONU-Agua, 2009, 2012). Sin embargo, aun es difícil definir el equilibrio adecuado entre medidas básicas de distribución de agua, prestación de servicio y gestión por parte de los usuarios finales en relación a un ciclo hidrológico variable y a un recurso cada vez más escaso. En resumen, el comportamiento de los usuarios del agua debe ajustarse mejor a la creciente realidad de la escasez de agua.

## 1.2 AGRICULTURA, AGUA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

De todos los sectores de la economía, la agricultura es el más sensible a la escasez de agua. A veces el sector agrícola es considerado como un usuario 'residual' del agua, después de los sectores doméstico e industrial, sin embargo supone el 70% de las extracciones globales de agua dulce y más del 90 % del uso consuntivo. También es el sector con más posibilidades u opciones de ajuste.

En casi todas las regiones del mundo, la evapotranspiración desde tierras agrícolas regadas es, con mucho, el mayor uso consuntivo del agua extraída para uso humano. El uso del agua en agricultura sigue estando determinado por el crecimiento constante de la demanda de productos agrícolas para satisfacer las necesidades de una población en aumento. Aunque el ritmo de crecimiento de la población mundial se ha ralentizado desde los años ochenta, las cifras de población siguen creciendo rápidamente, sobre todo en los países en desarrollo. Por otro lado, el desarrollo económico continuado, en particular en las economías de mercado emergentes, se ha traducido en la demanda de una dieta más variada, que cuente con carne y productos lácteos, lo que pone aun más presión sobre los recursos hídricos (ONU-Agua, 2012). Se espera que entre el momento actual y el año 2050 se necesite un 60% más de alimentos para cubrir la demanda de una población que en algún momento superará los 9 billones de personas. El resultado neto de todo esto es que el uso del agua para la agricultura está aumentando la severidad de la escasez de agua en algunas zonas, y causando escasez incluso en áreas con un buen nivel relativo de recursos hídricos.

La agricultura, y en particular la agricultura de regadío, está sufriendo cambios muy rápidos y enfrentándose a viejos y a nuevos problemas. Los agricultores de todo el mundo han de adaptarse a un mundo en el que el comercio y la globalización han aumentado velozmente la interdependencia y la interconexión entre la producción y los patrones de consumo de las personas, y en el que el progreso tecnológico ha potenciado la productividad agrícola. La revolución verde y los posteriores progresos agronómicos han ayudado a la producción agrícola a superar el ritmo de crecimiento de la población y a dar de comer a un número de personas en constante aumento con alimentos cada vez más diversificados y de mejor calidad. Pero esto también ha tenido un gran coste a nivel medioambiental.

Sin embargo, hay otros aspectos de estas tendencias que deben considerarse. La cifra absoluta de personas malnutridas, la mayoría de ellas en áreas rurales, no se reduce, y la productividad agrícola en muchos países en desarrollo sigue siendo baja. No hay certezas sobre el posible impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos y la demanda de agua y, del mismo modo, se desconoce el posible impacto de la producción de bioenergía sobre la agricultura y la seguridad alimentaria. Las recientes subidas repentinas y la creciente volatilidad de los precios de los alimentos experimentados desde 2007 son una clara advertencia de los peligros de la autocomplacencia en el suministro de alimentos a largo plazo.

La agricultura es al mismo tiempo una causa y una víctima de la escasez de agua. La competición intersectorial por el agua es más evidente en los grandes centros urbanos, pero la escasez de agua puede surgir en cualquier área de captación en la que la intensificación de la agricultura en las áreas de cabecera reduzca el suministro de agua aguas abajo. El uso insostenible del agua subterránea puede tener impactos a largo plazo en la producción agrícola en áreas como el sur de Asia, donde un *boom* del riego con aguas subterráneas en los años ochenta y noventa produjo un fuerte aumento de la producción agrícola que ahora se ve limitada por el agotamiento de los acuíferos. La preocupación principal es que la producción agrícola pueda verse reducida en áreas muy pobladas en un momento en el que la demanda está creciendo, y el problema de la seguridad alimentaria está pasando a primer plano en todas las regiones.

### 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE DE ESTE INFORME

Dada la importancia del agua para la agricultura y la producción de alimentos, y el papel dominante de la agricultura en las extracciones globales de agua, la FAO ha emprendido una revisión de su programa de recursos hídricos para proponer una respuesta más efectiva y estratégica al creciente problema de la escasez de agua. El programa es fiel al interés de la Organización por los medios de vida rurales y agrícolas y consecuentemente refleja las preocupaciones específicas sobre agricultura y alimentación de los miembros de la FAO. Parte de esta misión es el fomento de modelos de gestión del agua realistas y responsables.

El propósito de este informe es doble. Por un lado, se pretende definir un sistema de contabilidad de agua que permita interpretar la escasez de agua con objetividad. Por otro, se busca indicar dónde y cómo la gestión del agua en la agricultura puede tener un papel más productivo y efectivo en respuesta a la creciente preocupación por la escasez global de agua dulce.

El discurso sobre la distribución del agua y la regulación ambiental está siendo moldeado por varios factores: la competición por el agua como insumo económico y social; la necesidad de proteger el medio ambiente y de tener en cuenta el coste del uso de los recursos naturales; y el reconocimiento del valor de los servicios ambientales del agua. La agricultura seguirá siendo el usuario más importante del agua en muchos países, y ha de mantenerse en el debate dentro de un marco claro para discutir su impacto, su asignación legítima y la respuesta de gestión apropiada en la era de la escasez creciente de agua.

El papel del agua en la productividad agrícola, los medios de vida de las personas en entornos rurales y las externalidades medioambientales deben analizarse correctamente a través de definiciones comúnmente aceptadas y científicamente sólidas y métodos de contabilidad del agua. Esto implica evaluar el uso eficiente del agua a escala de sistemas de riego en el campo y de área de captación; considerando otros aspectos, como la productividad; y evaluando desde el punto de vista macroeconómico la contribución de la economía agrícola relacionada con el agua al Producto Interior Bruto (PIB) y al comercio global. El contexto para estas evaluaciones es un continuo desde el punto de extracción directa del agua hasta el punto de consumo efectivo en alimentos y productos industriales.

En el pasado reciente, se han hecho extensas revisiones de los principales problemas relacionados con el agua en la agricultura y las opciones de respuesta en términos de políticas y gestión (CA, 2007). Sin embargo, aun no se han definido las prioridades para la acción, las modalidades de implementación y el marco general en el que dicha acción debería desarrollarse.

La FAO se ha embarcado recientemente en un programa a largo plazo sobre el tema “Afrontar la escasez de agua – el papel de la agricultura”. En sus etapas iniciales, el programa desarrolla un Marco Integral para la respuesta agrícola a la escasez de agua. En este proyecto se desarrollará un paquete completo de herramientas técnicas y políticas que se promocionará entre los Estados Miembros de la FAO. Este marco integral debería ser lo suficientemente flexible para poder adaptarse a todos los contextos biofísicos y socio-económicos. En etapas posteriores, el programa se adaptará a las peculiaridades de distintas regiones y se aplicará a nivel nacional. El objetivo de este informe es crear el marco en el que la FAO desarrollará su programa de escasez de agua e interaccionará con sus miembros.



## 2. Definición de escasez de agua

Un marco integral para afrontar la escasez de agua precisa una definición clara e inequívoca que soporte el escrutinio y que se pueda usar en evaluaciones cualitativas y cuantitativas de la escasez de agua. Tras una revisión bibliográfica exhaustiva se encontraron muchas descripciones del carácter de la escasez de agua, pero ninguna definición podía recomendarse sin reservas.

### 2.1 DEFINICIONES EXISTENTES DE ESCASEZ DE AGUA

El objetivo de esta sección no es hacer una revisión exhaustiva de las definiciones de escasez de agua, sino usar algunas de ellas como punto de partida para proponer una definición clara e inequívoca de la escasez de agua. Tras considerar unas 20 definiciones, hay tres que destacan por su solidez y por estar bien construidas.

En un artículo de posición preparado para una conferencia previa de la FAO sobre escasez de agua realizada por correo electrónico, Wimpenny (1997) definió la escasez de agua como un desequilibrio entre el suministro y la demanda bajo las condiciones existentes de precios y/o disposiciones institucionales; una demanda excesiva para el suministro disponible; un alto nivel de uso respecto al suministro disponible, especialmente si el potencial de suministro que queda es difícil o muy costoso de aprovechar. Esta definición tiene la ventaja de contar con el reconocimiento explícito de que la escasez de agua es un concepto relativo. Se han propuesto algunas variaciones de esta definición. Abrams (2009), aunque vuelve a insistir en la naturaleza relativa de la escasez de agua, la define como un concepto que describe la relación entre la demanda de agua y su disponibilidad. Abrams destaca el hecho de que la demanda varía considerablemente entre distintas regiones y países según el uso sectorial del agua, y subraya que también cambia en función de las condiciones climáticas locales.

Basándose en la definición propuesta por Wimpenny (1997), el Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (ONU-Agua, 2006a) definió la escasez de agua como sigue:

“El punto en el que el impacto agregado de todos los usuarios afecta al suministro o a la calidad del agua bajo las disposiciones institucionales existentes hasta tal punto de que la demanda por parte de todos los sectores, incluyendo el medioambiental, no puede satisfacerse completamente [...], un concepto relativo [que] puede producirse a cualquier nivel de suministro o demanda. La escasez puede ser una construcción social (un producto de la afluencia, las expectativas y las costumbres) o la consecuencia de patrones de suministro alterados por el cambio climático. La escasez tiene varias causas, la mayoría de las cuales se pueden remediar o aliviar.”

Esta definición tiene varios puntos fuertes: reconoce que la escasez de agua puede aparecer en cualquier nivel de suministro y demanda, que tiene varias causas y que hasta cierto punto se puede remediar o aliviar.

### 2.2 DEFINICIONES USADAS EN ESTE INFORME

La escasez de agua se define aquí como la brecha entre el suministro disponible y la demanda expresada de agua dulce en un área determinada, bajo las disposiciones institucionales (incluyendo la ‘fijación del precio’ del recurso y los costes acordados para el consumidor) y las condiciones de infraestructura existentes.

Escasez de agua = un exceso de demanda de agua para el suministro disponible

La escasez se pone de manifiesto por una demanda insatisfecha, tensiones entre usuarios, competencia por el agua, sobreexplotación de agua subterránea y flujos insuficientes al entorno natural.

En este informe, se considera que las muchas combinaciones posibles de causas de escasez de agua están siempre relacionadas con la interferencia humana en el ciclo del agua. La escasez de agua es fundamentalmente dinámica y varía con el tiempo como resultado de la variabilidad hidrológica natural, pero cambia aun más en función de los modelos de política económica, planificación y gestión del momento y de la capacidad de las sociedades para anticipar cambios en los niveles de suministro o demanda. La escasez puede resultar de políticas poco previsoras, como la asignación de demasiadas licencias de uso en una acometida, o la expansión excesiva de áreas de regadío con agua gratis o muy barata para los agricultores. El problema empeora con la demanda creciente por parte de los usuarios y con la calidad y disponibilidad menguante del recurso. La escasez de agua puede aparecer en situaciones en las que hay agua suficiente, pero no hay disposiciones legales o institucionales para mejorar el acceso, o no existen las infraestructuras necesarias o no son funcionales. Si se identifican correctamente, muchas de las causas de la escasez de agua se pueden predecir, evitar y/o mitigar.

A lo largo de este informe se usan otros términos relacionados que tienen los siguientes significados (se pueden consultar más definiciones en el glosario del Anexo 1):

- **Desabastecimiento de agua:** falta de agua de calidad aceptable; bajos niveles de suministro de agua, en un momento y en un lugar determinados, respecto a los niveles de suministro diseñados, como resultado de recursos hídricos insuficientes, ausencia de infraestructuras o un inadecuado mantenimiento de las mismas; o bajos niveles de recursos hídricos como consecuencia de diferencias estacionales o anuales en el clima o por muchos otros factores hidrológicos o hidrogeológicos. En este informe, el desabastecimiento de agua se entiende como un concepto absoluto, no relativo.
- **Estrés hídrico:** los síntomas de la escasez o desabastecimiento de agua, por ejemplo, aumento de la competencia y de los conflictos entre usuarios, empeoramiento de la calidad y fiabilidad del servicio, pérdida de cosechas e inseguridad alimentaria. Este término se usa para describir una gran variedad de circunstancias y causas. Se han propuesto algunos Índices de Estrés Hídrico (se pueden consultar más detalles en la Sección 2.4.).

## 2.3 PRINCIPALES ASPECTOS DE LA ESCASEZ DE AGUA

Las causas de escasez, como se indica en la definición elegida, pueden tener una naturaleza variada, que requiera respuestas específicas. La Evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura (CA, 2007) afirma que la escasez de agua es una limitación crítica para la agricultura en muchos lugares del mundo. Basándose en el trabajo previo de Seckler *et al.* (1998), distingue dos tipos principales de escasez de agua, concretamente *escasez física* y *escasez económica*.

Se dice que la escasez física sucede cuando no hay agua suficiente para cubrir todas las demandas, incluyendo los caudales ecológicos. Los síntomas de la escasez física son degradación severa del medio ambiente, reducción del nivel de aguas subterráneas y distribución del agua que favorece a unos grupos frente a otros.

La escasez económica de agua es una situación resultante de la falta de inversión en agua, o la falta de capacidad humana para satisfacer la demanda. Los síntomas de la escasez económica de agua son, entre otros, escaso desarrollo de infraestructuras, a pequeña o a gran escala, de modo que las personas tienen dificultades para obtener el agua suficiente para beber o

para la agricultura. También la distribución del agua puede ser desigual, incluso cuando hay infraestructuras suficientes. Gran parte de África subsahariana se caracteriza por la escasez económica, de modo que un mejor aprovechamiento del agua podría contribuir en gran manera a reducir la pobreza.

En un informe reciente sobre escasez de agua en Oriente Medio, el Banco Mundial (2007) sugiere que se consideren tres tipos de escasez de agua: escasez del recurso físico, escasez organizacional y escasez de mecanismos de rendición de cuentas. La “escasez organizacional” se refiere a “llevar agua al lugar adecuado en el momento preciso”. “La rendición de cuentas” se refiere a que los gobiernos tienen que rendir cuentas a la sociedad y los proveedores de servicio a los usuarios (Banco Mundial, 2007). El énfasis en problemas que se pueden considerar como *institucionales* es representativo de la tendencia actual a aumentar la atención sobre la gestión, a medida que las opciones de suministro alcanzan sus límites.

Sobre la base de éste y otros modelos, y reconociendo que la escasez es un resultado de múltiples causas, y por lo tanto requiere respuestas diferentes, proponemos que se consideren tres *aspectos* principales de la escasez de agua, que se pueden resumir como sigue:

- Escasez de la disponibilidad de agua de calidad aceptable con respecto a la demanda agregada, en el simple caso de desabastecimiento de agua física;
- Escasez debida a la falta de infraestructuras adecuadas, independientemente del nivel de recursos hídricos, debido a limitaciones financieras, técnicas o de otro tipo; y
- Escasez en el acceso a servicios hídricos, debido al fracaso de las instituciones (incluyendo los derechos legales) encargadas de asegurar un suministro de agua fiable, seguro y justo para los usuarios. Este aspecto reúne los elementos organizacional y de rendición de cuentas propuestos por el Banco Mundial (2007).

En los dos últimos casos, es posible que los países tengan un nivel relativamente alto de recursos hídricos con respecto a la demanda, pero que sean incapaces de capturarlos y distribuirlos apropiadamente debido a la ausencia de infraestructuras, o a factores institucionales que limiten el acceso al agua.

## 2.4 INDICADORES DE ESCASEZ DE AGUA

El indicador más conocido de escasez de agua a nivel nacional es el agua renovable per cápita, para el que se usan valores umbral de 500, 1 000 y 1 700 m<sup>3</sup>/persona/año para distinguir entre distintos niveles de estrés hídrico (Falkenmark y Widstrand, 1992; ONU-Agua, 2006b). Según este criterio se considera que un país o una región se enfrenta a la *escasez absoluta de agua* si los recursos hídricos renovables son <500 m<sup>3</sup> per cápita, *escasez crónica de agua* si los recursos hídricos renovables están entre 500 y 1 000 m<sup>3</sup> per cápita, y *estrés hídrico* entre 1 000 y 1 700 m<sup>3</sup> per cápita (Tabla 1). Esta sencilla aproximación a la medida de la escasez de agua se basa fundamentalmente en estimaciones del número de personas que puede vivir razonablemente con una determinada unidad de recursos hídricos (Falkenmark, 1984). Este indicador se usa mucho porque se puede calcular fácilmente para cada país del mundo y para cada año con los datos disponibles sobre recursos hídricos (FAO-AQUASTAT, 2012) y población (ONU, 2009). Además, las proyecciones de población, que actualmente llegan hasta el año 2100, también permiten prever los niveles de escasez de agua para las próximas décadas.

TABLA 1  
Definiciones convencionales de niveles de estrés hídrico (según Falkenmark y Widstrand, 1992)

Agua dulce renovable anual (m <sup>3</sup> /pers.año)	Nivel de estrés hídrico
< 500	Escasez absoluta de agua
500 – 1 000	Escasez crónica de agua
1 000 – 1 700	Estrés hídrico
> 1 700	Estrés hídrico localizado u ocasional

Aunque esta medida tiene ciertas ventajas, simplifica demasiado la situación hídrica de países concretos, ignorando los factores locales que determinan el acceso al agua, así como la viabilidad de ciertas soluciones en distintos lugares. No puede tener en cuenta las condiciones climáticas del momento, la variabilidad estacional e interanual de los recursos hídricos; las regulaciones existentes; los problemas de acceso al agua, los derechos del agua y la exclusión social; la competición entre sectores; la posibilidad de reciclar el agua o de aprovechar recursos hídricos no convencionales; y las necesidades hídricas medioambientales, que varían de una región a otra (Molle y Mollinga, 2003). Los valores medios a nivel nacional tampoco tienen mucho significado, sobre todo para países grandes con mucha variabilidad entre regiones. Las presentaciones que países como España, Túnez, China y Chile, entre otros, realizaron en la Consulta de Expertos, mostraron un marcado 'gradiente' de escasez entre diferentes regiones de un mismo país.

En un intento por captar mejor la relación entre suministro y demanda, el indicador de agua (FAO-AQUASTAT, 2012) de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) pretende medir el nivel de presión humana sobre los recursos hídricos basándose en la relación entre la extracción total de agua para agricultura, ciudades e industria y los recursos hídricos totales renovables. Aunque dicho indicador refleja el equilibrio entre suministro y demanda, presenta problemas computacionales y conceptuales, relacionados en parte con la fiabilidad de la medida de la extracción de agua, problemas de contabilidad doble (reutilización de agua de drenaje o de caudales de retorno), ausencia de una secuencia temporal sistemática de los datos necesarios para hacer un seguimiento a largo plazo y dificultades para interpretar las tendencias. En un intento por centrar la atención en acciones remediadoras y por reconocer la naturaleza dinámica de la escasez de agua, se desarrolló otro índice de estrés hídrico, basado en "el porcentaje de la demanda que no puede satisfacerse sin tomar medidas" (ONU-Agua, 2006b). Aunque ninguno de estos intentos de cuantificar la escasez de agua y el estrés hídrico relacionado con ella es perfecto, todos reflejan la naturaleza relativa de la escasez de agua y ofrecen una primera evaluación de las dimensiones del problema a nivel nacional o regional.

## 2.5 EL CICLO HIDROLÓGICO

La escasez de agua está estrechamente relacionada con el ciclo hidrológico y con las leyes físicas que rigen los procesos hidrológicos. Desde el punto de vista de la escasez de agua, hay seis aspectos del ciclo hidrológico que son cruciales:

- El agua es un recurso renovable. Aunque la cantidad de precipitación que cae sobre la superficie de la Tierra es muy variable tanto en el espacio como en el tiempo, se puede confiar en que la lluvia reponga los niveles de agua de los embalses, del perfil del suelo y de los acuíferos. De modo que el agua no es como otros recursos naturales que se pueden agotar totalmente (como por ejemplo el petróleo y el gas).
- El agua está en un estado de cambio continuo. Está constantemente en movimiento y cambiando de estado, a través de los procesos de evaporación, transpiración, condensación, precipitación, infiltración, escorrentía, flujo sub-superficial o hipodérmico, congelación y fusión. De este modo, el agua tiene la capacidad de cambiar de estado y convertirse en líquido, gas o sólido (hielo) al moverse a lo largo del ciclo hidrológico.
- El balance hídrico está gobernado por la conservación de la masa. La masa de agua del ciclo hidrológico es esencialmente constante, al igual que la cantidad de agua presente en cada uno de los reservorios principales del ciclo del agua. Dicho de otra forma, el agua ni se crea ni se destruye en ninguno de los procesos naturales del ciclo hidrológico. Esto significa que la cantidad de agua que llega a un área determinada debería ser igual, de media, con el tiempo, a la cantidad de agua que sale de la misma área, y cualquier diferencia resultaría en cambios en el almacenamiento en los acuíferos, el perfil del suelo o los embalses. Hay por lo tanto un único recurso, y solo un enfoque sistémico del agua podrá asegurar un resultado coherente para cualquier estrategia de gestión. En particular,

las interconexiones entre agua superficial, agua subterránea, contenido de humedad del suelo y procesos de evapotranspiración son de vital importancia, y no quedan bien reflejadas en muchos planes de gestión de agua a nivel nacional. El agua subterránea y el agua superficial son al final el mismo recurso, y no se pueden considerar como recursos alternativos. Los planes desarrollados para aumentar la eficiencia del uso del agua en una zona determinada sin entender bien el impacto sobre los equilibrios sistémicos del agua pueden tener resultados inesperados y no deseables. Por ejemplo, la captura de aguas subterráneas en llanuras aluviales puede reducir fácilmente el caudal base de los ríos.

- Relaciones entre cuencas hidrográficas y fronteras. La gestión de la tierra y del agua en una parte del sistema hidrológico (área de captación, acuífero) tendrá un impacto en otras partes del sistema. Por ejemplo, la intensificación del uso del agua para agricultura en la zona de cabecera de una cuenca fluvial puede afectar a la disponibilidad tanto de agua superficial como subterránea en las áreas situadas aguas abajo. El concepto de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) se basa en un buen entendimiento de los procesos de las cuencas fluviales. Como reconoce el primer Principio de Dublín (GWP, 2009), la experiencia acumulada indica que el agua debería gestionarse a nivel de unidades hidrográficas (cuencas, zonas de captación, y con menos frecuencia, acuíferos), aunque éstas raramente coincidan con las delimitaciones de las unidades administrativas e institucionales. La asignación de agua para sus distintos usos normalmente se planifica y gestiona a través de unidades administrativas como provincias, municipios, distritos o sistemas de riego. Un reto importante es asegurar una relación adecuada entre las distintas delimitaciones. El agua para riego o uso urbano – sobre todo cuando se producen grandes trasvases entre cuencas – a menudo se usará en una unidad hidrográfica distinta de aquella de la que se obtuvo. Es frecuente que las zonas de captación y los acuíferos crucen fronteras internacionales. Desde el punto de vista de la contabilidad del agua, el problema de las líneas divisorias existe y ha de reconocerse.
- Los límites de la limpieza y dilución de contaminantes. Hasta hace muy poco, muchas ciudades, incluso en países desarrollados, confiaban en la capacidad de dilución y auto-limpieza de los ríos y de las aguas costeras a la hora de deshacerse de sus aguas residuales. Esto pudo mantenerse mientras la densidad de la población y de la industria fue relativamente baja. Sin embargo, al entenderse mejor el impacto de las aguas residuales sin tratar sobre la ecología de las zonas costeras y de ribera (y eventualmente sobre las personas), se vio claramente que las funciones de dilución de los sistemas acuáticos habían alcanzado su límite en muchos lugares y que dichas prácticas debían regularse cuidadosamente. En las zonas en las que no hay regulación o ésta apenas se cumple, la contaminación de los recursos hídricos puede empeorar la escasez de agua.
- Mantenimiento de los servicios y bienes de los ecosistemas acuáticos. Los ecosistemas acuáticos, incluyendo muchos hábitats muy importantes y poco frecuentes, dependen del mantenimiento de los niveles de aguas subterráneas y de los regímenes de caudales de los sistemas fluviales. En la actualidad se están identificando claramente las necesidades medioambientales en las cuentas de los recursos hídricos, mientras que en el pasado se solían ignorar o se consideraban usuarios marginales. A nivel global, los resultados de esta actitud son evidentes. El marco conceptual propuesto en este informe sugiere que el medio ambiente no debería considerarse como un competidor más como el resto de usuarios. Por el contrario, la preservación de las funciones ambientales es la condición previa para poder mantener el suministro de agua para otros fines. Aunque la preservación de las funciones ambientales de los sistemas hídricos es una prioridad, para llevarla a cabo será necesario negociar con cuidado los caudales ecológicos necesarios. Por otro lado, puesto que los sistemas agrícolas también realizan funciones ambientales, a menudo es difícil definir el límite entre necesidades de agua para el medio ambiente y demanda para usos agrícolas.



## 3. Elementos fundamentales de la escasez de agua

Las razones de la crisis del agua observada son bien conocidas: en el último siglo, el uso global de agua ha crecido a más del doble de la tasa de crecimiento de la población, y cada vez más regiones están llegando al límite de suministro de servicios hídricos fiables. El crecimiento demográfico, el desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos renovables, sobre todo en regiones áridas y semiáridas. Al mismo tiempo, cada vez se acepta más la idea de que los servicios ambientales y las funciones de los ecosistemas deben dejar de considerarse usos residuales del agua. El cambio climático y las demandas de la bioenergía dificultan aun más la ya complicada relación entre desarrollo y demanda de agua.

Las causas de la escasez de agua son muchas y están relacionadas (Abrams, 2009). La escasez surge cuando la demanda crece por encima del suministro disponible, ya sea porque el suministro está limitado por una planificación mal coordinada o por infraestructuras hidráulicas inadecuadas o por la disponibilidad física del agua en sí misma. La escasez empeora cuando aumenta la competencia por el agua, y algunas personas o grupos empiezan a capturar los cada vez más escasos recursos (por ejemplo, excavando pozos cada vez más profundos o especulando con los derechos del agua).

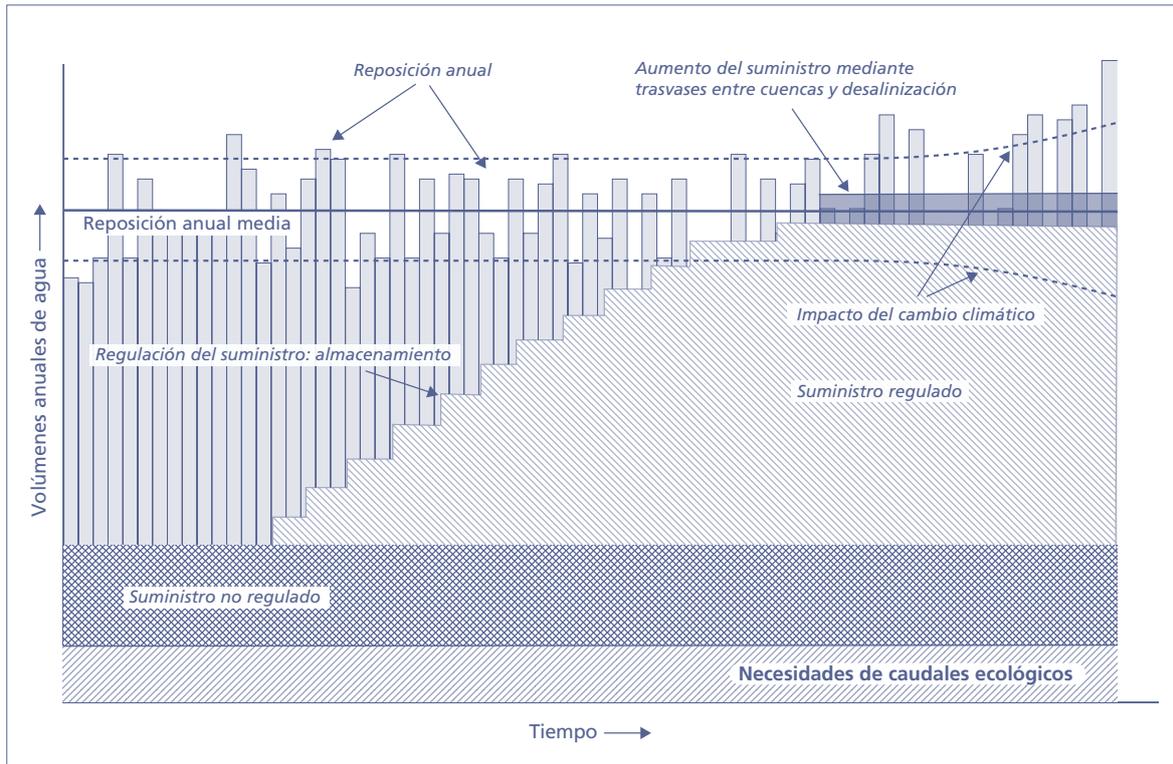
El desarrollo exagerado de infraestructuras hidráulicas es una de las causas principales de la escasez de agua construida (Molle, 2008). En muchas cuencas fluviales, la expansión de las áreas de regadío ha disparado la demanda por encima de la capacidad del área de captación, ha empleado los recursos disponibles hasta el límite y progresivamente ha generado escasez de agua. En años secos, la demanda de agua que se ha dejado crecer durante los años más lluviosos no puede satisfacerse, lo que lleva a una percepción general de escasez de agua y a que se demande una mayor inversión en tecnología que ayude a ahorrar agua. En cambio, los años lluviosos se ven como una oportunidad perdida cuando el ‘exceso’ de agua se vierte al mar, y esto se traduce con demasiada frecuencia en nuevos desarrollos hídricos. La investigación nos muestra que el desarrollo de infraestructuras exageradas y la creciente escasez artificial de agua son a menudo el resultado de una combinación de intereses políticos y financieros más que de una ‘necesidad’ legítima (Molle, 2008). La presión por ‘evitar’ que una sola gota de agua ‘llegue al mar’ es con frecuencia políticamente más fuerte que cualquier evaluación hidrológica realizada con rigor y teniendo en cuenta los aspectos económicos, medioambientales y sociales del desarrollo de los recursos hídricos.

En algunas regiones, se han hecho estimaciones demasiado optimistas de los recursos hídricos disponibles y por consiguiente, se han asignado demasiados derechos para usar el agua, lo que ha producido serios desabastecimientos en periodos de sequía. En Australia, la entrada media de agua al sistema fluvial Murray-Darling durante 2001/2–2009 fue de tan solo el 33% del valor medio de los 100 años anteriores – en los que se había basado el sistema actual de asignación. Probablemente el cambio climático futuro invalide los supuestos hidrológicos en los que se basan los derechos del agua existentes. El río Colorado, en el suroeste de los Estados Unidos, es otro ejemplo de sobre-asignación, en este caso motivada por el crecimiento de la demanda y el aumento de los requerimientos ambientales (sobre todo gracias a la Ley de Especies Amenazadas)<sup>1</sup>.

---

1 Información presentada por Australia y Estados Unidos en la Consulta de expertos.

FIGURA 1  
Factores que afectan a la disponibilidad de agua



### 3.1 FACTORES QUE AFECTAN AL SUMINISTRO DE AGUA

Hay varios factores que afectan al suministro disponible anual de agua (Figura 1). Estos factores pueden ser de carácter natural o antropogénico. Los volúmenes anuales de caudal, su distribución en el tiempo y en el espacio y la variabilidad interanual dependen de las condiciones climáticas y geomorfológicas. Las condiciones geológicas también determinan las características de la recarga y el almacenamiento de aguas subterráneas. El agua disponible es muy inferior a la cantidad total de agua que fluye en el sistema. La cantidad de agua fluctúa de año en año y solo una parte es accesible para el uso humano como una fuente fiable de suministro constante.

La variabilidad interanual de la precipitación se traduce en variabilidad en la escorrentía de los ríos y en la recarga de los acuíferos, las dos fuentes principales de agua. El agua no se distribuye uniformemente en el tiempo y en el espacio, y una gran parte de los recursos hídricos globales se encuentra muy lejos de los núcleos de población o en lugares en los que la demanda es baja. Puesto que las precipitaciones tampoco son uniformes en el tiempo, es posible que el máximo de escorrentía se produzca durante la estación del año con menos demanda, sobre todo para la agricultura (este no es el caso cuando los ríos se alimentan del deshielo primaveral de los glaciares).

Las intervenciones antropogénicas pueden aumentar los volúmenes de agua disponible para su uso. El control de agua, mediante la construcción de presas, disminuye la exposición a la variabilidad estacional o interanual de los caudales y aumenta los volúmenes de agua disponible de forma regular. El desarrollo de almacenamiento de agua implica básicamente el trasvase de agua de regiones con precipitaciones elevadas a regiones más secas. En el pasado, la respuesta más obvia y más común a este problema ha sido almacenar agua superficial en embalses, pero en las últimas décadas cada vez se ha recurrido más al almacenamiento de aguas subterráneas como una alternativa conveniente.

También se puede mejorar el suministro importando agua dulce a un determinado sistema o cuenca. Las trasvases entre cuencas, la desalinización de agua marina, cuando sea posible, y el uso directo de aguas residuales son las formas más importantes de complementar el suministro natural importando agua de fuera del sistema. Hay otras opciones más marginales como el transporte marítimo de bolsas o cisternas de agua. Normalmente estas son opciones muy costosas que solo se consideran como soluciones de emergencia a corto plazo y se limitan estrictamente a cubrir las necesidades domésticas básicas.

La calidad del agua también es relevante en este contexto. Debido al aumento de la reutilización y recirculación del agua, como respuesta a la escasez de agua, la calidad de la misma tiende a deteriorarse, reduciendo por tanto la disponibilidad de agua de calidad suficiente para ciertos usos. En algunas regiones existe además el problema de los contaminantes naturales como fluoruros y arsénico, vinculados a la sobreexplotación de aguas subterráneas, y que por lo tanto son a la vez causa y consecuencia de la escasez de agua. El deterioro de la calidad del agua puede agravar su escasez y dañar el crecimiento económico. La mentalidad aplicada a la gestión de recursos hídricos ha de ser más circular y menos lineal, para incorporar el reciclaje de agua (y nutrientes) y considerar el control de la contaminación como un elemento importante de las estrategias de gestión del suministro de agua.

El caudal ecológico es un término usado para describir la cantidad, calidad y los tiempos de los caudales de agua necesarios para sostener los ecosistemas de agua dulce y de estuario, y los medios de vida y el bienestar de las personas que dependen de ellos (Declaración de Brisbane, 2007). La decisión de en qué condiciones deben mantenerse los ecosistemas acuáticos y sus servicios tiene aspectos tanto técnicos como socio-políticos, y precisa un buen entendimiento de los procesos biofísicos así como de los valores sociales de cada momento, lugar y circunstancia económica. Las condiciones deseadas para el ecosistema pueden venir determinadas por la legislación nacional o por convenios internacionales, con implicaciones para el régimen hídrico necesario para mantener los ecosistemas en dichas condiciones. Alternativamente, el caudal ecológico asignado a un sistema fluvial puede negociarse entre los usuarios del agua, de forma que la condición del ecosistema sea el resultado de los acuerdos alcanzados. En cualquier caso, es posible que la conservación del régimen necesario de caudales ecológicos reduzca la cantidad de agua disponible aguas arriba para su extracción o aguas abajo para trasvasar.

Se prevé que el cambio climático alterará los regímenes hidrológicos y la disponibilidad de agua dulce, lo que tendrá un impacto tanto en la agricultura de secano como en la de regadío (ONU-Agua, 2009, 2012; FAO, 2008; FAO, 2011a). Las proyecciones realizadas muestran una reducción de las precipitaciones en zonas semiáridas y un aumento de las mismas en zonas templadas, así como una mayor variabilidad de la distribución de las precipitaciones, una mayor frecuencia de fenómenos extremos, y una subida de las temperaturas. Todos estos efectos tendrán un impacto especial sobre la agricultura tropical y subtropical (IPCC, 2008). Se espera que se produzca una severa reducción de la escorrentía de los ríos y de la recarga de los acuíferos en toda la cuenca mediterránea, así como en las zonas áridas y semiáridas del sur de África, Australia y América, lo que afectará a la cantidad de agua disponible para todos los usos.

Los cambios en la escorrentía que afecten a la disponibilidad de agua, ya sea en ríos o para la recarga de acuíferos, aumentarán la presión humana sobre los recursos hídricos. Se prevé que el efecto combinado de los caudales base reducidos en los ríos, las inundaciones y el aumento del nivel del mar afecte a sistemas de regadío altamente productivos que dependen del deshielo (como el Punjab y el Colorado) y los deltas de tierras bajas (como el Indo, el Nilo, y el Brahmaputra-Ganges-Meghna – este último es el delta con mayor densidad de población del mundo). En los trópicos semiáridos, donde se prevé mayor incidencia de sequías e inundaciones, el cambio climático afectará en particular a la población rural pobre, por la reducción de los rendimientos de los cultivos y del ganado (IPCC, 2007).

### 3.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA DEMANDA DE AGUA

Todos los factores que afectan a la demanda de agua son de carácter antropogénico. La población, su ritmo de crecimiento y los cambios en sus patrones de consumo afectan directamente a la demanda de bienes y servicios, y al agua necesaria para la producción, procesado y transporte de los mismos. Los sectores que usan agua se organizan convencionalmente en agrícola, industrial (incluyendo el agua de refrigeración que se evapora) y municipal (incluyendo los usos domésticos). La recreación, la generación de energía hidroeléctrica y los caudales ecológicos se consideran generalmente usuarios no consuntivos, excepto cuando se produce una evaporación importante en aguas abiertas como resultado del almacenamiento de agua en los cauces. La población también tiene efectos indirectos sobre los recursos hídricos por cambios en el uso de la tierra y en el patrón de uso del agua con repercusiones significativas a nivel local, regional y global (ONU-Agua, 2009).

La presión humana sobre los recursos hídricos crece según aumentan el nivel de ingresos. Esto sucede no solo con la demanda de agua para usos domésticos (se usa más agua para bañarse, lavar y regar los jardines), sino también con la demanda municipal (riego de parques y campos de golf, así como suministro de agua para turismo y recreación) y con la demanda de productos agrícolas e industriales. El crecimiento económico viene acompañado de un mayor consumo de bienes manufacturados, energía eléctrica, servicios, etc., y todo ello aumenta la demanda de agua. Este crecimiento no es irrevocable, y eventualmente alcanza su máximo a un determinado nivel de ingresos, o varía según el grado de concienciación medioambiental. En los Estados Unidos, las extracciones totales de agua llegaron a su máximo a principios de los años ochenta, a pesar del reciente aumento de la población. Las extracciones de agua per cápita han venido disminuyendo constantemente desde el final de los años setenta<sup>2</sup>.

El aumento de los ingresos lleva a un incremento de la demanda de alimentos per cápita. Al diversificar su dieta, las personas consumen más carne y productos lácteos, para cuya producción se requiere más agua que para una dieta basada en cultivos básicos (cultivos de cereales, raíces y tubérculos). El consumo medio de alimentos per cápita está aumentando en casi todas las regiones del mundo. Se prevé que el suministro de alimentos global medio pase de 2 650 kcal/persona/día en 2006 a más de 3 000 kcal/persona/día en 2050. Estos valores per cápita incluyen pérdidas de producción post-cosecha y desperdicio de alimentos, y se traducen en la producción anual de un billón de toneladas más de cereales y 200 millones de toneladas más de carne (FAO, 2006a; Bruinsma, 2009).

La urbanización también afecta al consumo de alimentos. En las ciudades, los supermercados, los restaurantes y los platos preparados (comida preparada comercialmente diseñada para facilitar su consumo) cobran mayor importancia. Una consecuencia de esto es que se alarga la cadena alimenticia, lo que produce más desperdicio. Teniendo estos factores en cuenta, la FAO estima que la producción agrícola global tendría que crecer un 60 por ciento entre 2006 y 2050 para poder mantener el ritmo de la demanda (Bruinsma, 2009). Se prevé que tanto la proporción de tierras de regadío como la producción de cultivos de regadío crezcan, aumentando todavía más la demanda de agua agrícola (Bruinsma, 2009).

Hay otras tendencias emergentes que también influirán sobre la demanda de agua agrícola. La producción de bioetanol se triplicó entre 2000 y 2007 (OECD/FAO, 2008), y la de biodiésel se multiplicó por once. El posible impacto de la producción de biocombustible sobre los recursos hídricos varía con las condiciones agroclimáticas y las políticas locales. El impacto será mayor cuando la producción agrícola dependa del riego. En zonas de secano es mucho más indirecto y difícil de evaluar. Cuando el suministro de agua es limitado, un aumento de la producción de biocombustible podría disminuir la asignación de agua para otros cultivos o usos. Aunque

---

2 Información presentada por Estados Unidos en la Consulta de expertos.

actualmente los biocombustibles solo representan unos pocos puntos porcentuales del uso total de agua a nivel global, su impacto – en particular sobre la calidad del agua como resultado de la intensificación – podría ser importante en algunos países, como China, India y algunas regiones de Estados Unidos.

El cambio climático afectará a la demanda de agua para la agricultura y como resultado alterará la distribución global de la agricultura. Las inundaciones y sequías más severas y frecuentes dañarán la producción local, sobre todo en sectores de subsistencia de latitudes bajas y en las áreas clave de inseguridad alimentaria dominadas por la agricultura de secano. Esto acentuará la demanda en los mercados globales y supondrá una mayor presión para la producción de regadío. La subida de las temperaturas, junto con los cambios de los regímenes hidrológicos de los principales ríos, tendrá un impacto importante sobre la demanda de agua agrícola.

El grado hasta el que la demanda de agua es ‘negociable’ es esencial para las estrategias para afrontar la escasez. Efectivamente, el agua para satisfacer necesidades básicas como beber, saneamiento e higiene no es negociable, pero solo representa un pequeño porcentaje de la demanda de agua. Del mismo modo, el concepto del derecho a la alimentación está cada vez más reconocido. La producción de alimentos requiere grandes cantidades de agua, determinadas por procesos biofísicos fundamentales. Existe por lo tanto un volumen de agua no negociable necesario para asegurar alimentos seguros y suficientes para todos (Steduto, Hsiao y Fereres, 2007). A pesar de esto, se pueden hacer cambios considerables en la forma de usar el agua para la producción de alimentos. Por ejemplo, la elección de cultivos de regadío o de secano, el número y el tipo de animales criados, las prácticas agrícolas y las tecnologías de riego con sus niveles de productividad asociados, cambios en la distribución espacial de la producción, (esto implica al comercio), y cambios en los hábitos sociales (consumo y distribución de alimentos, dietas) pueden reducir la demanda global de agua para la agricultura y dejar margen para maniobrar. Estos factores son el tema de este documento y se tratan con mayor profundidad en la Sección 6.



## 4. Afrontar la escasez de agua: marco conceptual

### 4.1 CONSTRUIR SOBRE TRABAJOS PREVIOS

En la bibliografía se encuentran varios intentos de conceptualizar las diferentes fases del desarrollo y la gestión de los recursos hídricos en respuesta a la escasez de agua. Estos marcos se han desarrollado para reflejar un énfasis relativo en uno u otro elemento del equilibrio suministro-demanda. Todos los marcos descritos a continuación se han diseñado para tratar la escasez de agua en condiciones en las que la agricultura de regadío supone una parte importante de la demanda de agua.

La mayoría de estos marcos proponen un sistema secuencial o escalonado para tratar la escasez de agua. Keller, Keller y Davids (1998) y Keller (2000) sugerían que se distinguieran tres fases en el desarrollo de una cuenca fluvial: explotación, conservación y aumento.

Normalmente, la fase de explotación estaría dominada al principio por la derivación superficial directa y el uso de aguas subterráneas poco profundas, complementado, más adelante, con la construcción progresiva de sistemas de almacenamiento y distribución de agua, y la perforación de pozos entubados profundos. Durante la fase de conservación, tomarían más importancia la gestión de la demanda y los esfuerzos destinados a aumentar la eficiencia, seguidos de la creación de métodos más sistemáticos de recuperación y tratamiento de agua y de eliminación de sales. La fase de aumento se centraría en el trasvase de agua desde cuencas lejanas y en la desalinización de agua de mar, permitiendo que el suministro anual crezca por encima del suministro renovable anual medio. Esta descripción se podría aplicar bien en muchas de las regiones que se beneficiaron de la revolución verde en los años sesenta y setenta, en particular países como India y Paquistán, pero no sería necesariamente válida en otros lugares o en otros momentos.

Molden, Sakthivadivel y Keller (2001) propusieron una secuencia diferente: desarrollo, utilización y asignación, de la siguiente manera:

- Primero, desarrollo de la cuenca fluvial: se construyen presas en los lugares más convenientes, los recursos hídricos son suficientes para cubrir la demanda de todos los sectores de la economía, y la calidad del agua y los ecosistemas solo se ven mínimamente afectados. Esta fase es comparable a la fase de explotación descrita por Keller, Keller y Davids (1998).
- Segundo, utilización y conservación: empieza a haber desabastecimiento de agua y surge la competencia por el agua entre diferentes sectores y dentro de cada sector. La calidad del agua se deteriora y los ecosistemas acuáticos sufren daños, debido a la reducción de la cantidad y la calidad del agua. Las políticas hídricas se centran en mejorar la gestión y la conservación, siendo la clave el fomento de la modernización, el rendimiento y la productividad. Al mismo tiempo, la contaminación del agua y las extracciones de agua subterránea exigen una regulación mejor y más efectiva.
- Tercero, re-asignación: el agua se ha convertido en un recurso escaso y ya no es suficiente para cubrir la demanda agregada de todos los sectores. Las políticas se dirigen a la optimización económica del agua, haciendo hincapié en su re-asignación a usos de más valor. En esta tercera fase, Keller, Keller y Davids (1998) se centran en el aumento, a través del trasvase desde otras cuencas o la desalinización, en lugar de en la re-asignación.

Los tres pasos descritos – desarrollo general; conservación; y re-asignación o aumento – no son compartimentos estancos ni mutuamente excluyentes en un momento dado. Debido a

la interconectividad de los usuarios a lo largo del ciclo hidrológico (en particular, la conexión entre aguas arriba y aguas abajo, y entre los sistemas de aguas subterráneas y superficiales) es posible que estos pasos no resulten del todo positivos. Hay varios ejemplos de esto: proyectos de aumento que reducen el suministro para otros usuarios (de modo que se convierten en re-asignación); medidas de 'conservación' que efectivamente garantizan el suministro a algunos usuarios pero reducen la fiabilidad del servicio para otros; aprovechamiento de reservas de agua subterránea, lo que reduce el suministro de agua superficial (de nuevo 're-asignación'); etc.

Buscando un modelo más analítico, Molle (2003) propone que las respuestas políticas a la escasez se consideren en un marco de economía política más amplio. Los modelos secuenciales de desarrollo de cuencas como los mencionados anteriormente se suelen basar en la racionalidad económica o en conceptos de adaptación social que pueden llegar a ser demasiado restrictivos. Las respuestas de la sociedad a la escasez de agua no están determinadas únicamente por consideraciones económicas o por las necesidades observadas localmente, sino también por la distribución de poder entre las partes implicadas, así como por sus respectivos intereses y estrategias con respecto a las opciones disponibles.

Molle (2003) sugiere sustituir el modelo secuencial por otro que reconozca que normalmente, cuando la escasez se agrava, se tiende a tratar de implementar todas las estrategias en paralelo. En realidad, puede que sea más útil considerar las distintas opciones de respuesta como un abanico del que escoger según las circunstancias locales. Se pueden usar criterios objetivos, como el análisis costos-beneficios y el análisis costo-eficacia, que ayuden a tomar estas decisiones, pero siempre contemplados dentro del marco de la economía política. Para complicar aun más las cosas, las opciones de respuesta son a menudo interdependientes y vienen en 'paquetes'. La experiencia de los países que participaron en la Consulta de Expertos muestra que, incluso existiendo una amplia progresión desde la mejora del suministro hasta la gestión de la demanda y la re-asignación según se agrava la escasez, hay mucho solapamiento, y en cualquier momento dado hay varias medidas que se están implementando al mismo tiempo.

## **4.2 OPCIONES DE RESPUESTA A LA ESCASEZ DE AGUA SEGÚN EL ÁREA POLÍTICA**

Hay una diferencia clave entre las respuestas a nivel estatal o nacional y las respuestas locales de pequeños grupos o comunidades. Estos dos tipos de respuestas son interdependientes, y aunque se suele dar más importancia a las políticas estatales, los ajustes realizados por los agricultores locales son fundamentales para determinar la demanda de agua para la agricultura y su impacto en el ciclo hidrológico. Ciertos elementos como el carácter de las relaciones entre el estado y los ciudadanos, el impacto de 'sucesos críticos', la naturaleza de la economía política y las condiciones del cambio agrario tienen un gran peso al definir las respuestas a la escasez de agua (Molle, 2003). En este contexto, es importante considerar que la escasez de agua es percibida de distinta forma por las distintas categorías de las partes implicadas, que desarrollan distintas estrategias de adaptación para afrontar la escasez en función de su poder y de sus capacidades.

Estados Unidos y Australia ilustran la dinámica interacción entre los poderes federales y estatales según se intensifica la escasez de agua. En Estados Unidos la gobernanza del agua es principalmente una responsabilidad estatal, pero algunas leyes federales son preponderantes, y la Ley de Especies Amenazadas se ha convertido en la influencia federal dominante sobre las extracciones de agua. Esta tiene una influencia principal en las respuestas del público a la escasez de agua, sobre todo en los estados áridos del Oeste. En Australia, la excepcional sequía de la última década ha provocado que el gobierno federal tenga que intervenir y modificar los poderes ejercidos por la autónoma Autoridad de Gestión de la Cuenca del Murray-Darling<sup>3</sup>.

---

3 Información presentada por Australia en la Consulta de expertos.

La Figura 2 intenta reflejar los diferentes aspectos del problema, y reconocer el marco más amplio en el que se toman las decisiones. Las opciones del lado del suministro y del lado de la demanda están sobre todo a nivel de planificación técnica y economía de inversión, pero están muy influenciadas por el contexto general de gobernanza, el marco institucional y el entorno político. Estos aspectos se tratan con más detalle en la Sección 6.

FIGURA 2

**Representación de las opciones de respuesta a la escasez dentro de un contexto político más amplio**



La Tabla 2 presenta distintas opciones según el área política o administrativa: agua, agricultura y seguridad alimentaria nacional. La taxonomía diferencia dos grandes categorías de opciones: las que se ocupan del *aumento del suministro*, y las que se ocupan de la *gestión de la demanda*. Esta división se mantiene a lo largo de este informe.

La Tabla 2 establece tres áreas en las que podrían aplicarse medidas de mejora del suministro y de gestión de la demanda. Primero, está el agua en su sentido más amplio, con el desarrollo y gestión del recurso encaminados al beneficio de los usuarios de todos los sectores, incluyendo el medioambiental. Después está la agricultura – el tema específico de este informe y un usuario principal de agua. Por último, está el área de la autosuficiencia alimentaria y de la seguridad alimentaria nacional, que presentan implicaciones para el comercio internacional de los países así como para sus hábitos de consumo y la organización de su industria alimentaria.

La mejora del suministro supone un mejor acceso a los recursos hídricos convencionales mediante la construcción de infraestructuras hidráulicas destinadas a su regulación y a transportar el agua hasta el usuario final (presas y embalses; sistemas de transporte), así como a

TABLA 2

**Opciones de respuesta a la escasez de agua según el área política**

Área política	Mejora del suministro	Gestión de la demanda
Agua	Derivación de ríos; presas; aprovechamiento de aguas subterráneas; desalinización; control de la contaminación	Asignación intersectorial; aumento de la eficiencia general del uso de agua por sectores
Agricultura	Almacenamiento dentro de la finca; aprovechamiento de aguas subterráneas; reutilización y reciclaje	Aumento de la productividad de los cultivos; reducción de las pérdidas; limitación de las áreas de regadío; asignación intrasectorial (hacia producciones de más valor)
Seguridad alimentaria nacional	Importación de alimentos, almacenamiento, distribución eficiente	Reducción del desperdicio en la cadena alimentaria; cambios en la dietas

incrementar el suministro con aguas residuales tratadas, desalinización y trasvases entre cuencas. El control de la contaminación también debería considerarse como una opción de gestión del suministro, puesto que aumenta la cantidad de agua disponible para usos beneficiosos así como para el trasvase entre cuencas.

La gestión de la demanda, por el contrario, pretende mejorar la eficiencia económica general del uso del agua, o re-asignar el agua entre sectores o dentro de cada sector. El objetivo general de la gestión de la demanda es maximizar los beneficios obtenidos por una determinada cantidad de agua disponible para los usuarios, y también podría contemplar la obtención de esos mismos beneficios con menos agua. En agricultura, esto podría suponer la producción de cultivos de regadío de más valor, o aumentar la productividad de los cultivos, o reducir el uso consuntivo de agua minimizando la evapotranspiración, o limitando las áreas de regadío. Normalmente la implementación de las opciones de gestión de la demanda es más difícil y menos popular que la de las opciones de aumento del suministro. Por esta razón, a menudo son consideradas en una segunda fase, una vez que las opciones de aumento de suministro más fáciles han sido implementadas (Molden *et al.*, 2010).

Las mejoras en la eficiencia técnica de la distribución de agua pueden considerarse medidas tanto del lado del suministro como del lado de la gestión de la demanda, según la naturaleza y la escala de la acción y de donde recaiga la responsabilidad. Las mejoras serias de canales y tuberías, por ejemplo, pueden considerarse tanto como medidas del lado del suministro (puesto que aumentan el agua disponible para los usuarios) como del lado de la demanda (puesto que reducen las pérdidas por evapotranspiración y fugas), mientras que las mejoras locales o las realizadas en las fincas agrícolas, sobre todo las que están bajo el control de los propios agricultores, suelen estar del lado de la gestión de la demanda, puesto que afectan a la eficiencia económica del uso del agua.

### 4.3 UN MODELO DINÁMICO DE RESPUESTAS POLÍTICAS

La Figura 3 representa un patrón frecuente de respuesta al aumento de la escasez de agua, que se puede observar en muchas regiones. En las primeras fases de escasez de agua, la demanda se puede cubrir con relativa facilidad mediante la derivación de ríos, o aumentando la capacidad de almacenamiento construyendo presas o tanques, o instalando pozos entubados para bombear agua subterránea. Más adelante, se aborda la eficiencia general en el uso del agua. En agricultura, esto puede hacerse mediante una mejor gestión del agua y de los cultivos y la modernización de las estructuras de riego. Con el tiempo, cobran importancia otras medidas como el aumento del suministro mediante la reutilización más sistemática de las aguas residuales. Según la demanda va estando cada vez más limitada por el suministro disponible, las políticas de asignación ganan protagonismo. Si no hay agua suficiente para la autosuficiencia agrícola, es posible que la política de seguridad alimentaria nacional tenga que alterarse para permitir más importaciones de productos agrícolas.

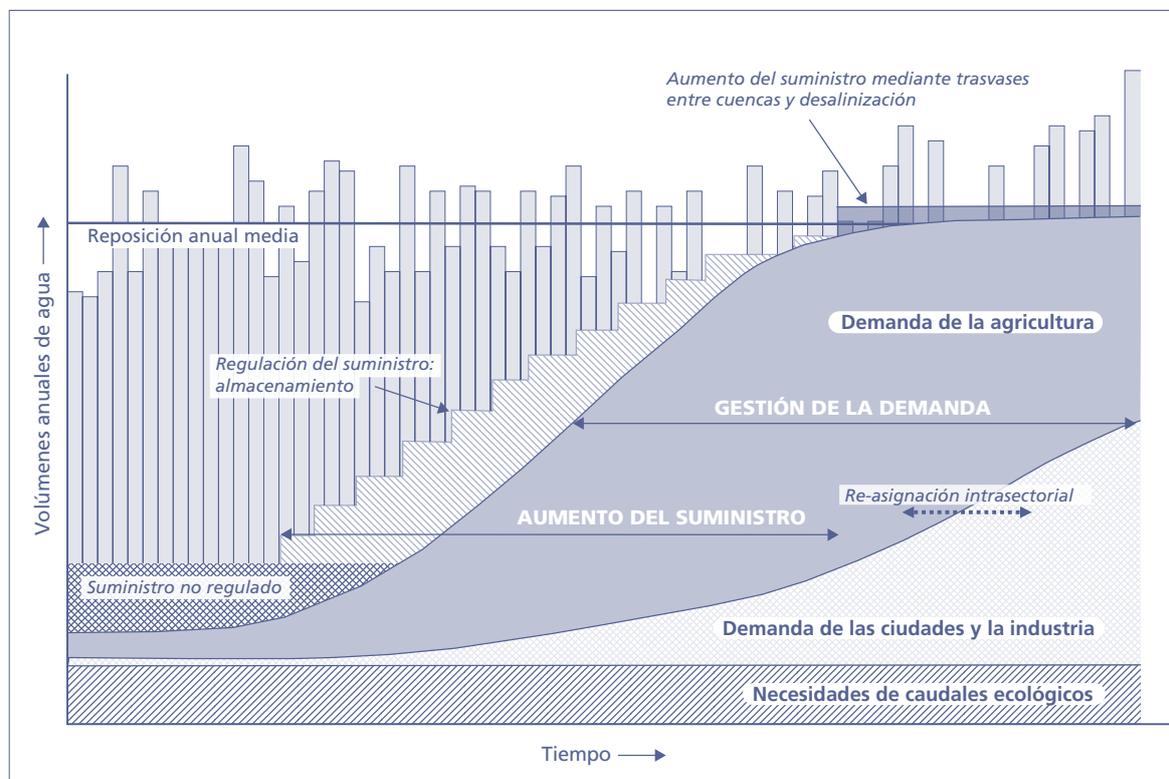
Eventualmente, será viable emplear otros métodos más costosos de aumento del suministro, como la desalinización. La presión sobre la agricultura para que mejore la productividad del agua, no solo a través de un uso del agua técnicamente más eficiente, sino también pasando a cultivos de más valor para mejorar el retorno económico del agua de riego, será cada vez mayor.

La Figura 4 muestra de forma esquemática la distribución relativa de la importancia de distintas medidas de suministro y de demanda con el tiempo. Claramente, la forma de las curvas, la secuenciación de las opciones y la importancia y relevancia de cada una de ellas variará de acuerdo con las condiciones agroclimáticas, socio-económicas y de mercado existentes, así como de las políticas y estrategias seleccionadas. La figura no implica que esta sea necesariamente la secuencia o paquete de medidas 'óptimo' o 'eficiente', ni que éste sea el modelo a seguir en todos

los casos. Su propósito es más bien representar la variedad de opciones disponibles y la forma en que podrían evolucionar con el tiempo.

FIGURA 3

**Afrontar la escasez de agua: secuencia de la demanda relativa de agua por parte de los distintos sectores y opciones de respuesta a lo largo del tiempo**



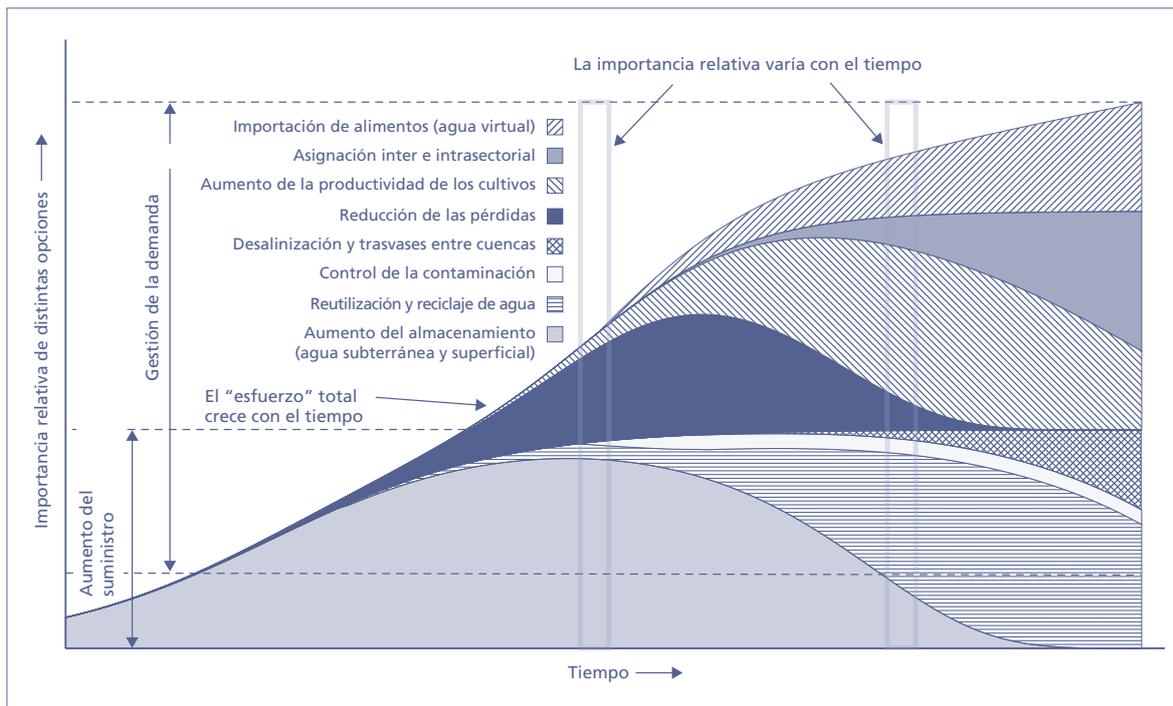
#### 4.4 RESPUESTA AGRÍCOLA A LA ESCASEZ DE AGUA

Normalmente los agricultores se adaptan bien a los cambios en las oportunidades del mercado y en el acceso a insumos de producción, incluyendo el agua (Shah, 2009). La excelente respuesta de la agricultura al rápido crecimiento de la población en la segunda mitad del siglo pasado y a la progresiva escasez de tierra y agua son un ejemplo de ello: en los últimos 30 años, la producción agrícola global total se ha doblado, mientras que la expansión de tierras de cultivo solo ha sido de aproximadamente el 15 por ciento, y todo este crecimiento ha ocurrido en tierras con sistemas de riego. En regiones con escasez de tierras, como el sur de Asia, el crecimiento de la producción se ha basado casi completamente en la mejora del rendimiento y la intensidad de los cultivos. En cambio, en Sudamérica, con una menor presión sobre la tierra, un 40 por ciento del crecimiento de la producción de debe a la expansión de la superficie agrícola. La adaptación es evidente en regiones con escasez de agua como Oriente Próximo y el norte de África, donde la eficiencia de los sistemas de riego es a menudo hasta un 20 por ciento mayor que en áreas con agua abundante como el sudeste asiático, Latinoamérica o África subsahariana.

En las primeras etapas del desarrollo hídrico, cuando el suministro de agua puede cubrir la demanda fácilmente, se suele dar prioridad a la gestión del suministro mediante la construcción de infraestructuras de almacenamiento y transporte que apoyen el desarrollo de los sistemas de riego. Más adelante, cuando el suministro ya no puede satisfacer una demanda sin límites y las mejoras de la eficiencia menos cotosas ya se han realizado, los esfuerzos se centran en la gestión de la demanda: se obtiene un aumento de la productividad del agua en la agricultura y una reducción de las pérdidas mediante medidas técnicas y de gestión que ayuden a compensar las limitaciones del suministro (Loeve *et al.*, 2004).

FIGURA 4

Representación esquemática de la importancia relativa de distintas opciones para afrontar, desde el sector agrícola, niveles crecientes de escasez de agua con el tiempo



Con el agravamiento de la escasez, la combinación de las fuerzas que definen la demanda de agua lleva a una reducción tanto de la asignación absoluta como de la parte proporcional de agua para la agricultura. Este resultado refleja la prioridad que se da al suministro de agua para uso doméstico en áreas urbanas de rápido crecimiento. En muchas situaciones, también se da preferencia a los usuarios industriales frente a los agrícolas mediante los procesos normales de asignación o, en emergencias, mediante la apropiación directa. El creciente reconocimiento de la necesidad de reservar agua para el funcionamiento de los ecosistemas es un desafío más para la agricultura en áreas con escasez de agua (CA, 2007).

Al negociar la parte de agua que le corresponde, la agricultura debería apelar a las muchas funciones que realiza, que van más allá de la producción agrícola, y que tienen importantes beneficios sociales y medioambientales. Aun así, la agricultura debe demostrar un uso más eficiente del agua, y para que esto suceda, se necesita una inversión considerable, que los agricultores solo harán si les resulta rentable.

Una consecuencia posible de la creciente competencia por los escasos recursos hídricos, de relevancia para la seguridad alimentaria nacional, es que la agricultura ya no pueda cubrir la demanda nacional de productos agrícolas (incluyendo alimentos), y que ésta se tenga que satisfacer mediante importaciones. En el contexto del agua, la importación de productos agrícolas, a menudo se conoce como importación de 'agua virtual'. Según Molle (2003), la importación de agua virtual puede considerarse como un ejemplo de gestión del suministro, puesto que la cantidad de agua disponible 'aumenta' por la cantidad de agua contenida en los productos importados, y que de otra forma tendría que extraerse para la agricultura. Desde otro punto de vista, a nivel macroeconómico, la importación de agua virtual supone una ganancia de eficiencia puesto que el agua que de otra forma se usaría en la agricultura se libera para usos potencialmente más productivos, y por lo tanto puede verse como una medida de gestión de la demanda.

Túnez ilustra una progresión que comenzó con medidas de mejora del suministro: grandes presas, pequeñas presas de tierra, mezcla de agua dulce con aguas residuales, trasvases de agua desde el interior hacia las zonas costeras, y desalinización de aguas salobres para usos domésticos. En los últimos 15 años esto se ha complementado con programas del lado de la demanda: modernización de los sistemas de riego, apoyada por subvenciones, re-asignación de tierra y agua a 'cultivos estratégicos', interrupción del cultivo de remolacha azucarera, y promoción del intercalado de árboles entre los cultivos entre los pequeños agricultores. En España, las medidas actuales son una mezcla de programas del lado del suministro para la reutilización de aguas residuales, desalinización y almacenamiento en la finca y en el distrito, con acciones de gestión de la demanda como la modernización del riego para mejorar los niveles de servicio y la re-asignación de agua a cultivos de más valor. La estrategia sudafricana para tratar la escasez de agua en agricultura incluye la promoción de asociaciones de usuarios, la reforma de las licencias, el fomento del uso eficiente del agua, el control de la vegetación foránea invasora (como los eucaliptos que crecen en las riberas de los ríos) y la fijación de un precio para el agua<sup>4</sup>.

---

4 Información presentada por Sudáfrica en la Consulta de expertos.



## 5. Contabilidad del agua: el presupuesto de agua correcto

Cualquier estrategia que pretenda abordar la escasez de agua debe basarse en un buen entendimiento de los elementos del ciclo hídrico, incluyendo el suministro y la demanda de agua y los aspectos espaciales y temporales asociados. La contabilidad del agua se refiere al estudio sistemático del ciclo hidrológico y de la situación actual y las tendencias futuras del suministro y la demanda de agua. Más allá de la simple contabilidad de volúmenes y flujos, contempla también cuestiones de accesibilidad, incertidumbre y gobernanza.

### 5.1 CONTABILIDAD TRANSPARENTE DEL AGUA

El principal objetivo de la contabilidad del agua es ayudar a las sociedades a entender los recursos hídricos con los que cuentan: cuánta agua hay, dónde está y si los patrones actuales de uso serán sostenibles en el futuro. En su sentido popular, contabilidad significa dar cuentas de la *administración*, en este caso el uso que la sociedad hace de sus recursos hídricos. Por lo tanto, la contabilidad del agua comienza con la medición, pero inevitablemente también entra en cuestiones de uso y gobernanza del agua.

Ninguna estrategia para hacer frente a la escasez de agua será efectiva si no se basa en la comprensión del ciclo hidrológico y en una contabilidad del agua seria. La contabilidad del agua se está fomentando cada vez más como un componente clave de los programas de *gestión integrada de los recursos hídricos*. Puede ser una actividad extraordinaria diseñada para alcanzar un objetivo específico, o puede ser parte de un programa de evaluación y seguimiento a largo plazo dirigido a mejorar y mantener el suministro del servicio hídrico. La información recogida para la contabilidad del agua es normalmente muy variada y abarca una gran variedad de asuntos sociales, técnicos y de gobernanza.

La contabilidad del agua es un componente vital de cualquier programa o política dirigida a abordar la escasez de agua. Esto se debe a que la escasez de agua es un concepto relativo (un exceso de demanda de agua para los recursos hídricos disponibles en un área determinada). Por lo tanto, la escasez de agua solo se puede describir, cuantificar y/o esquematizar una vez que se hayan entendido con claridad las diferencias presentes y previstas entre suministro y demanda, y cómo afecta esto a los usuarios. Este es precisamente el objetivo de casi todos los procedimientos de contabilidad de agua.

La información es crítica para mediar y otorgar poder en las relaciones sociales. Sin la información correcta, la sociedad carece de una base sobre la que comparar errores fácticos o posturas tendenciosas. Es casi imposible que las negociaciones y la planificación sean efectivas si cada una de las partes implicadas trabaja con sus propios datos y todos son diferentes. Sin embargo, esta situación es muy común. Por ejemplo, a nivel nacional, es poco frecuente que los distintos departamentos del gobierno compartan una base de datos común. A nivel local, un entendimiento incorrecto o incompleto de los volúmenes y la distribución del uso del agua, a menudo lleva a subestimar la presión que realmente se está ejerciendo sobre el recurso y a tener una idea equivocada sobre la decreciente disponibilidad de agua. Del mismo modo, es posible que los usuarios de agua locales y las organizaciones responsables de los servicios tengan una percepción diferente de los niveles del servicio. El resultado clave de la contabilidad del agua es, por tanto, tener una base de datos común que sea aceptable para las principales partes implicadas en la planificación o en cualquier otro proceso de toma de decisiones.

## 5.2 PRINCIPALES DIFICULTADES DE LA CONTABILIDAD DEL AGUA

Para los que estén interesados en la gestión a largo plazo de los recursos hídricos, la naturaleza dinámica de los procesos físicos y de las respuestas de la sociedad, así como la gran variabilidad en el espacio, suponen un gran reto. La incertidumbre es generalmente alta, con cambios continuos en la disponibilidad de los recursos, las condiciones de las infraestructuras y las demandas de los usuarios. Las poblaciones locales están a menudo respondiendo a factores que están fuera del control de los departamentos del gobierno o de los profesionales de la gestión del agua.

El uso de agua subterránea para riego cada vez más frecuente en las últimas décadas también presenta problemas para la contabilidad del agua, puesto que tanto las reservas de este recurso como el ritmo al que se agota o se repone son difíciles de medir con precisión. Este es concretamente el caso del uso conjunto de agua, en el que la recarga está en función del riego; esto no es tanto así para sistemas acuíferos 'fósiles' que no se recargan.

Como consecuencia, los planes de gestión del agua tienen que ser al mismo tiempo localizados (responder a las dificultades específicas de una zona determinada) y tener una naturaleza dinámica. Igualmente, el grado de detalle de los procedimientos de contabilidad de agua debe ajustarse según cambien las condiciones y las dificultades.

La gestión adaptativa se basa en la aceptación de que en situaciones complejas nunca puede haber suficiente información para alcanzar una decisión 'óptima'. Por lo tanto, hace hincapié en una planificación flexible, apoyada por sistemas sólidos de seguimiento y manejo de la información que permitan la adaptación y mejora constante de los planes y actividades. Solo se puede alcanzar tal nivel de capacidad de respuesta si las bases de datos se mantienen al día, basándose en sistemas de evaluación y seguimiento que aporten continuamente a los responsables información fiable sobre la que basar sus decisiones. Este principio es independiente de la escala: es aplicable tanto para los responsables de la toma de decisiones a nivel político o de gestión como para los usuarios finales, en particular los agricultores.

## 5.3 TIPOS DE CONTABILIDAD DE AGUA

La contabilidad del agua supone adoptar una visión integral de los recursos hídricos y de los sistemas de suministro, y relacionarlos con las demandas de la sociedad y con el uso real. Se deberían considerar explícitamente las necesidades específicas de agua de los ecosistemas acuáticos y el posible impacto de factores que están fuera del control de los sistemas de gobernanza del agua (como el cambio climático o los precios de la energía).

La naturaleza y el diseño de un procedimiento de contabilidad de agua deberían basarse en el contexto y en la necesidad que se va a abordar. La experiencia ha demostrado que la contabilidad del agua a menudo debe realizarse en varias fases de complejidad creciente, con una primera evaluación muy simple que sirva de guía para posteriores ciclos de toma de datos más detallados y localizados según se vaya necesitando. La elección del tipo necesario de contabilidad de agua depende de la *escala geográfica* que se requiera, así como del *horizonte temporal* de los problemas que se pretende enfrentar. Para algunos propósitos, se requiere un balance hídrico nacional; en otras situaciones es más apropiado centrarse en la cuenca hidrográfica (como requiere la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea para los Planes de gestión de cuencas hidrográficas). También debe distinguirse entre procedimientos de contabilidad de agua extraordinarios diseñados para apoyar un proyecto o un programa concreto, y contabilidad de agua realizada como parte de un programa de gestión adaptativa a largo plazo dirigido a mantener niveles aceptables de gestión. A continuación se presentan distintos modelos de contabilidad de agua.

## Contabilidad macroeconómica del agua: Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del Agua

El Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del Agua (SEEAW, por sus siglas en inglés)<sup>5</sup> es un sistema de contabilidad de agua integral desarrollado con el objetivo de estandarizar conceptos y métodos de contabilidad de agua (UNSD, 2012). SEEAW aporta un marco conceptual para organizar la información económica e hidrológica, permitiendo hacer un análisis sistemático de la contribución del agua a la economía y del impacto de la economía sobre los recursos hídricos. SEEAW es una versión perfeccionada de un programa anterior más amplio de Naciones Unidas para desarrollar cuentas ambientales ('verdes') nacionales en un intento por medir el impacto económico de los caudales ecológicos, y de las ampliaciones y reducciones de las reservas (ONU, 2003). El propósito de estas cuentas sería doble: por un lado dar a los responsables del diseño de políticas información sobre el impacto de las políticas económicas actuales y sobre los patrones de crecimiento en el medio ambiente (y si son sostenibles); y por otro lado, medir el impacto sobre la economía de las políticas adoptadas por razones medioambientales. Una de las metas subyacentes es evaluar qué parte del 'crecimiento' económico tal y como se mide convencionalmente es realmente consumo de capital debido al agotamiento de recursos (Banco Mundial, 2006).

SEEAW pretende reconciliar flexibilidad y estandarización. Sin embargo, necesita mucha información, gran parte de la cual no se encuentra disponible fácilmente o no es recogida de forma rutinaria por las agencias o departamentos de los gobiernos. En algunas situaciones, se podrá garantizar la configuración de SEEAW para apoyar la toma de decisiones práctica, aunque será un proceso largo y costoso tanto en el inicio como durante su funcionamiento, pero en otras circunstancias será apropiado usar modelos más adaptables y rentables.

El modelo es adecuado para el análisis de la interacción entre la economía y el medio ambiente cuando se debe valorar la reducción de las reservas de un recurso frente a las ganancias económicas. En el caso del agua, sin embargo, los flujos son más importantes que las reservas ya que el recurso se renueva por sí solo cada año a través del ciclo hidrológico. Al contrario que los recursos minerales o la biodiversidad, el agotamiento irreversible de las reservas sigue siendo algo marginal en el ciclo del agua global<sup>6</sup>, y esto puede no quedar suficientemente reflejado en la metodología SEEAW.

## Acortando la brecha entre suministro y demanda: curva de coste del agua

El concepto de curva de coste del agua se ha desarrollado para ayudar a los países que se enfrentan a la escasez de agua en el futuro a evaluar futuras 'brechas de agua' y a analizar las posibles respuestas (Grupo de Recursos Hídricos 2030, 2009). Esta herramienta recoge sistemáticamente todas las opciones viables, ya sea para ahorrar o para suministrar agua, y las presenta calibradas en función del volumen de agua correspondiente, según su coste unitario. Las opciones describen, combinadas en un solo gráfico, una curva de suministro creciente, un concepto familiar de la economía elemental. La curva de suministro de agua se aplicó en India, China, Sudáfrica y la región de Sao Paulo en Brasil para ayudar a decidir la prioridad de distintas medidas para mitigar sus correspondientes amenazas de escasez de agua.

Uno de los atractivos de la curva de coste de agua es que permite hacer una comparación directa de distintas opciones de aumento del suministro y de gestión de la demanda. Las medidas de

5 Puede consultar: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/SEEAWDraftManual.pdf>

6 La aplicación más importante del modelo de contabilidad económica-ambiental para el agua sería la evaluación de las implicaciones de la reducción de acuíferos de aguas subterráneas fósiles, o de la alteración de caudales ecológicos.

gestión de la demanda suelen ser más difíciles y tienen menor recompensa política que las nuevas infraestructuras, mientras que la re-asignación de agua es políticamente arriesgada. Como se explicó en la Sección 3, la mejora del suministro con financiación pública es normalmente la opción preferida por los responsables de la toma de decisiones, incluso cuando no es la mejor opción en términos económicos e hidrológicos. Es frecuente que se elijan opciones de desarrollo del suministro incluso cuando ya se han aprovechado y asignado todos los recursos disponibles. Esto produce inevitablemente conflictos entre los usuarios y una mayor degradación medioambiental o, en el mejor de los casos, restricciones para todos los usuarios.

Este modelo tiene la ventaja de comparar varias opciones en términos económicos, pero tiene algunos inconvenientes serios. Muchas de las medidas propuestas son interdependientes, y, por razones técnicas e institucionales, a menudo no es factible obtener una secuencia de opciones independientes basadas únicamente en la lógica del costo por unidad. Por otro lado, los ahorros de agua obtenidos a través de diferentes opciones casi nunca se pueden sumar, y las ganancias de un conjunto de opciones a menudo serán menores que la suma de las ganancias de cada una de esas opciones tomada por separado. Aun más importante es el posible impacto de las opciones de ahorro de agua sobre la disponibilidad de agua para otros usos aguas abajo.

Los autores de la curva de costo del agua indican explícitamente que la metodología se centra exclusivamente en los aspectos relacionados con la planificación técnica y la economía de inversión de la gestión del agua, y deja de lado asuntos relacionados con economía política, instituciones, organización y gobernanza. Aunque a menudo es desde aquí desde donde se establecen las condiciones para la aplicación con éxito de soluciones técnicas e inversiones.

Además, las medidas han de ser ejecutadas por distintas partes: usuarios privados, compañías y autoridades públicas, cada una con sus propias limitaciones y motivaciones. Estos factores significan que la curva de coste del agua no puede aplicarse como herramienta para la toma de decisiones para afrontar la escasez de agua sin cierto sentido crítico. Se han identificado una serie de dificultades de carácter financiero, político, estructural, organizacional y social para su adopción (Grupo de Recursos Hídricos 2030, 2009), que pueden suponer una barrera para la implementación de las soluciones técnicas propuestas. Se trata de los costos escondidos de estas opciones, que podrían tener un impacto significativo sobre su clasificación en la curva del coste.

A pesar de esto, la metodología de la curva de costo del agua tiene varias ventajas. Es un criterio útil para usar, junto con otros, en la negociación de planes para abordar la escasez de agua. Al hacer una relación sistemática y transparente de todas las opciones posibles y compararlas según su rentabilidad, aporta una plataforma muy útil para negociar estrategias y programas para afrontar la escasez de agua. En este informe, se propone aplicar la curva de coste a través de la ecuación de producción y suministro de alimentos más que a través de la brecha de agua en sí misma. Esta perspectiva ayuda a abordar muchos de los problemas anteriores, manteniendo los elementos principales del balance hídrico a nivel nacional.

### **Seguimiento participativo del agua subterránea**

En regiones donde se sufre una escasez de agua de riego cada vez más severa, los agricultores han tomado medidas para hacer un seguimiento de sus recursos hídricos como una primera acción de gestión colectiva. En Andhra Pradesh, donde los agricultores dependen del agua subterránea de un grupo de acuíferos relativamente delgados y discontinuos, la disminución del nivel de los acuíferos durante los años de sequía desató la preocupación sobre el acceso al agua subterránea a largo plazo. Se puso en marcha un programa a nivel de estado de seguimiento participativo del agua subterránea para manejar el riesgo de la producción de año en año (Cuadro 1).

## CUADRO 1

**Gestión participativa colectiva del agua subterránea en Andhra Pradesh**

El proyecto de Sistemas de agua subterránea gestionados por campesinos de Andhra Pradesh (APFAMGS, por sus siglas en inglés) fue apoyado por el Gobierno de Holanda y por la FAO entre 2006 y 2010 en respuesta a la sequía generalizada y a la emigración fuera del Estado. El proyecto buscaba mejorar la gestión del agua subterránea autorizando a los campesinos a ocuparse del seguimiento y la gestión de los recursos. Se formaron comités de gestión del agua subterránea en cada acuífero o unidad hidrológica para estimar los recursos disponibles totales de agua subterránea y ver cuáles serían los sistemas de cultivo más apropiados en esas condiciones. A continuación los comités diseminaron la información entre toda la comunidad agrícola y actuaron como grupos de presión fomentando proyectos de ahorro y captación de agua adecuados, promocionando la agricultura ecológica con una inversión reducida y ayudando a formular reglas para garantizar la sostenibilidad interanual de los limitados recursos de agua subterránea.

Se ha formado a unos 6 500 campesinos de 643 comunidades para tomar los datos fundamentales para entender cómo funcionan los acuíferos locales. En cada una de las 191 estaciones pluviométricas un campesino registra las precipitaciones diarias. En más de 2 000 pozos de observación, los campesinos toman medidas diarias y quincenales de los niveles de agua subterránea. En total, más de 4.500 campesinos, hombres y mujeres, están recogiendo datos voluntariamente en unas 630 comunidades. Los datos se mantienen en registros que se guardan en las oficinas de los comités de gestión del agua subterránea y también se ponen en los tableros de anuncios de las aldeas. A nivel de acuífero, se entrena a los miembros de la unidad hidrológica para usar estos datos para estimar la recarga de agua subterránea en el acuífero al terminar las lluvias monzónicas del verano (suroeste). Debido a las variaciones significativas de la hidrogeología local, los cálculos son específicos para cada acuífero y siguen la metodología estándar desarrollada y usada por el Consejo Central de Agua Subterránea de India. En lo que respecta a las extracciones de agua acumuladas, el 42% de las unidades hidrológicas han reducido de manera consistente la sequía del rabi (la estación seca) durante los 3 años que el proyecto lleva en marcha, y el 51% han reducido la sequía de forma intermitente y solo el 7% ha observado un aumento de la escasez de agua subterránea durante este periodo. Este es un impacto sin precedentes, en términos de reducción real de las extracciones de agua subterránea y de extensión geográfica, que cubre docenas de acuíferos y cientos de comunidades, alcanzando a aproximadamente 1 millón de campesinos. Mientras una evaluación *ex post* analiza estos resultados, se puede citar el caso de APFAMGS como un ejemplo de éxito a gran escala en la gestión del agua subterránea a nivel comunitario.

Sitio web del proyecto: <http://www.fao.org/nr/water/apfarms/index.htm>

**Comercio de derechos de agua: contabilidad del agua en Australia**

La disponibilidad de agua es una cuestión muy importante para Australia, sobre todo porque la precipitación varía mucho estacional y anualmente en todo el continente. Al aumentar la competencia por el agua, aumenta también el comercio de derechos de agua entre sectores y regiones. En Australia, hay sistemas para contabilizar el volumen y el valor del agua que se intercambia, pero el desarrollo inconsistente y *ad hoc* de estos sistemas puede llevar a interpretaciones divergentes. Por lo tanto, se preparan los llamados Informes de contabilidad del agua de uso general (GPWARs, por sus siglas en inglés) para ayudar a los usuarios a tomar y evaluar decisiones bien informadas sobre la asignación de recursos. Los GPWARs son preparados por gestores del agua y abordan la necesidad de información general de usuarios, inversores en el mercado del agua, negociantes y agentes de bolsa, organizaciones ambientales, auditores, financieros, gobiernos locales, investigadores, proyectistas y formuladores de políticas. Dando acceso a información fiable y garantizada sobre cómo se están gestionando, compartiendo y usando los recursos hídricos, incluyendo información sobre derechos, reclamaciones y responsabilidades sobre el agua, los GPWARs están diseñados para fomentar la confianza de los usuarios en sus decisiones de inversión relacionadas con el agua (Consejo de Estándares de Contabilidad del Agua, 2009).

## Contabilidad de agua basada en técnicas de teledetección

El uso de la teledetección para la contabilidad del agua tiene la ventaja de que se puede aplicar sin que sea necesario realizar exhaustivas recogidas de datos y seguimiento en el campo. El enfoque desarrollado por Bastiaanssen (2009) se centra en el consumo de agua de cuatro tipos diferentes de uso de la tierra: áreas protegidas, pastos, agricultura de secano y agricultura de regadío. El enfoque distingue entre partes beneficiosas y no beneficiosas de la evaporación, la transpiración y la intercepción, expresadas en productividad por unidad de tierra y en productividad por unidad de agua consumida.

Puesto que el modelo se basa en datos detectados remotamente, tiene la ventaja de que se puede elaborar un estudio en poco tiempo y que la fuente de información es neutral y no depende de si los datos de campo se hayan tomado ya o no. Puesto que se centra en el consumo de agua de distintos tipos de uso de la tierra, está menos inclinado a considerar sectores de uso de agua con grandes flujos de retorno que no dependen del área, como los sectores doméstico e industrial.

## Contabilidad del agua por producto: el concepto de huella hídrica

La contabilidad del agua por producto consiste en evaluar el volumen de agua necesario para producir una unidad de un determinado producto (o servicio). Es por lo tanto un elemento importante para evaluar la demanda de agua. Como consecuencia, el concepto de *huella hídrica* pretende medir el impacto de productos específicos, o empresas, sobre los recursos hídricos. Esta técnica se ha usado para llegar a conclusiones políticas en regiones con escasez de agua sobre la idoneidad de situar la producción en ciertas áreas mejor que en otras; producción local frente a importación; los beneficios de especializarse en unos productos frente a otros; etc. La idea de la huella surgió del concepto de agua virtual – contenido de agua de los bienes y servicios comercializados.

Cada vez hay más estudios (por ejemplo, Chapagain y Hoekstra, 2004; WWF/SAB Miller, 2009) que pretenden medir la huella hídrica de diferentes países y de productos determinados. La mayoría de los estudios demuestran, por ejemplo, la elevada huella hídrica de la carne, lo que supone una presión creciente sobre los recursos hídricos de los países que producen y exportan carne, puesto que la afluencia en aumento lleva a las poblaciones a pasar a una dieta con más carne y productos lácteos. Otros estudios han considerado la huella hídrica de los cereales, el algodón, la cerveza y otros productos. La huella hídrica tiene la ventaja de confrontar a productores y consumidores con el posible impacto de su comportamiento respecto al agua, y por lo tanto les ayuda a identificar sus riesgos con respecto a la misma.

Aunque el concepto de huella hídrica arroja luz sobre el impacto relacionado con el agua de los patrones de consumo, aun tiene ciertas dificultades metodológicas, como la diferenciación entre uso consuntivo y no consuntivo; el origen del agua (precipitación o agua dulce de ríos y acuíferos); los problemas de trazabilidad, y la contabilización adecuada de los impactos aguas arriba y aguas abajo de la producción (compra de proveedores y otros insumos, transporte y uso por consumidores de fuera de los límites de la finca, mina o fábrica).

Una aplicación importante de la técnica de contabilidad del agua es que permite medir el volumen de agua usado por determinadas cantidades de un producto (productividad del agua). En agricultura, los rendimientos reales de los cultivos (kg/ha) dependen de la disponibilidad de agua, pero también de una serie de factores, algunos relacionados con el suelo y el clima, y otros relacionados con las prácticas agrícolas y de gestión, y se pueden obtener rendimientos muy distintos para un volumen dado de agua usada. Los rendimientos bajos se traducen, por lo tanto, en una baja productividad del agua, mientras que las buenas prácticas agrícolas, junto con un suministro de agua suficiente, pueden multiplicar fácilmente la productividad por 2 o por 4.

## Contabilidad del agua para empresas

Hay más herramientas, aparte de la huella hídrica para evaluar la exposición de una determinada empresa a la escasez de agua y a otros riesgos, y para estimar, al mismo tiempo, el posible impacto de su producción en el balance hídrico suministro-demanda local (y por tanto el *riesgo para la reputación* de la empresa).

El análisis del ciclo de vida (ACV) mide “la sostenibilidad medioambiental de productos y servicios a lo largo de todos los componentes de la cadena de valor.” El ACV se ha incorporado a la legislación de varios países y a normas internacionales, como las directrices ISO de normalización o estandarización. El ACV mide el uso y la contaminación de un recurso que puede atribuirse a un determinado producto en todas las etapas de su producción y de su vida útil (incluyendo su eventual eliminación). Sobre todo se han hecho numerosos estudios de alimentos y de productos agrícolas. Aunque el agua es solo uno más de los impactos medioambientales que se consideran en la mayoría de los estudios ACV, también podrían realizarse estudios ACV específicos para el agua.

Algunos de los problemas metodológicos con que se topa el ACV son: la diferenciación entre uso consuntivo y no consuntivo, la identificación de la situación geográfica y de la naturaleza de la fuente de agua, y la definición de qué es renovable y qué no. También resultan problemáticos el seguimiento del impacto del producto a lo largo de su vida útil y la evaluación del impacto de su eliminación como residuo.

La *Herramienta Global del Agua* del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés) es una herramienta que permite a las empresas comprender mejor el impacto de sus operaciones en la cuenca local y su posible exposición al riesgo de la escasez de agua o al riesgo para su reputación entre las comunidades locales, así como entre sus propios accionistas y consumidores. La Herramienta combina información disponible de la cuenca y del país (incluyendo mapas e imágenes de Google Earth) con indicadores calculados para lugares y regiones específicos.

La *Herramienta de sostenibilidad del agua* de la Iniciativa Global de Gestión Ambiental (GEMI por sus siglas en inglés) es otro recurso a través de Internet para ayudar a las empresas y a otras organizaciones a desarrollar su estrategia para el agua y a comprender los problemas de sostenibilidad del agua relacionados con sus operaciones.

## 5.4 DE CONTABILIDAD A AUDITORÍA DEL AGUA

Junto con un entendimiento claro del ciclo hidrológico – incluyendo suministro, demanda, reciclaje y calidad del agua – las estrategias para afrontar la escasez también requieren una buena comprensión de los aspectos institucionales, sociales, medioambientales y financieros de la gestión hídrica dentro de una cuenca. Mientras que el término contabilidad del agua se refiere al estudio sistemático de la situación actual y de las tendencias futuras tanto del suministro como de la demanda en un área determinada, la auditoría del agua sitúa estas cuentas en el marco más amplio de las instituciones, las finanzas y la economía política general (Tabla 3).

Hay varios factores que producen escasez de agua, que interaccionan entre sí, pero que pueden tener orígenes independientes. Por lo tanto, es necesario realizar una revisión sistemática de los recursos, las infraestructuras, la demanda y el acceso, junto con un buen entendimiento de la gobernanza, las finanzas y el contexto político general, para poder realizar un diagnóstico de los problemas y elaborar posibles respuestas. Esto es válido a escala del sistema de riego de una aldea, donde el problema puede ser o bien de infraestructuras (como una avería en una bomba), social (se excluye a algunos grupos del uso de ciertos puntos de agua) o relacionado con el recurso

(niveles decrecientes de aguas subterráneas), así como a otras escalas: área de captación local, distrito, país o una gran cuenca fluvial transfronteriza.

TABLA 3

**De contabilidad a auditoría del agua**

Esquema de suministro y demanda de agua	Esquema de organización y gestión	Esquema de aspectos socio-económicos y financieros	Esquema de gobernanza
Agua superficial: volúmenes, distribución	Operaciones de la infraestructura	Población rural/urbana: ingresos, salud, nivel de educación, uso del agua	Políticas hídricas, políticas agrarias, políticas de seguridad alimentaria, políticas ambientales
Agua subterránea: características del acuífero	Prácticas agrícolas, productividad, brechas de productividad	Tipologías de usuarios de agua en agricultura	Instituciones: mandato, interacciones, efectividad, nivel (nacional, cuenca fluvial, local)
Infraestructura: capacidad de regulación	Eficiencia técnica del uso del agua, pérdidas en el transporte	Género y minorías: derechos, acceso al agua, uso	Leyes y regulaciones, cumplimiento
Demanda: riego, ciudades, industria, medio ambiente		Tasas de agua, incentivos, programas de desarrollo (gestión de la captación, etc.)	
Calidad del agua, tratamiento del agua			
Flujo de retorno, reciclaje			

## 6. Opciones de respuesta políticas y de gestión

Las primeras etapas de la gestión de agua normalmente se centran en la mejora del suministro, es decir en el desarrollo de tecnologías e infraestructuras que den respuesta a la creciente demanda. El paradigma de la mejora del suministro ha tenido tendencia a ver la demanda simplemente como necesidades que han de satisfacerse. En la nueva era, en la que las regiones con escasez de agua se están embarcando en programas de gestión de la demanda, es cada vez más evidente que la demanda, que depende de las necesidades, comportamientos y valores humanos y de la forma en que las sociedades funcionan y se organizan, es un reto mucho más complejo que el suministro (Brooks, Rached y Saade, 1997).

Es necesario entender bien los distintos papeles, actitudes y estrategias de las partes implicadas en la gestión y en las políticas hídricas. La Tabla 4 muestra los objetivos de los principales grupos responsables de la toma de decisiones a distintos niveles, y las estrategias con las que cuentan para abordar la escasez de agua. Incluso con la meta común de afrontar la creciente escasez de agua, los objetivos de determinados grupos pueden estar desalineados o enfrentados. Para evitar este riesgo, es necesario armonizar las políticas de los distintos sectores (especialmente entre agricultura, recursos hídricos y medio ambiente) y las motivaciones privadas que influyen sobre los agricultores deben alinearse con el objetivo público preponderante de optimizar el uso del agua. Se puede aplicar lo mismo para los distintos participantes en todos los niveles de la gestión del agua.

Esta sección evalúa las opciones con que los responsables de la toma de decisiones cuentan para desarrollar estrategias para afrontar la escasez de agua. Se distingue entre opciones dentro del dominio hídrico, aquéllas que son una preocupación directa para la agricultura y aquéllas relacionadas con las estrategias de seguridad alimentaria nacional. Esta distinción reconoce que las instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos y las encargadas de la agricultura y el suministro de alimentos tienen objetivos diferentes y exigencias específicas de los sectores con los que tratan. La Tabla 5 presenta un resumen de las posibles opciones, que se tratan con más detalle en esta sección.

### 6.1 OPCIONES DENTRO DEL DOMINIO HÍDRICO (TODOS LOS SECTORES)

Esta sección trata las opciones de respuesta tanto desde el suministro como desde la demanda. Las opciones que se consideran para gestionar el suministro son más almacenamiento, aprovechamiento de aguas subterráneas, reciclaje y reutilización, control de la contaminación y desalinización. En lo que respecta a la gestión de la demanda, las opciones se dividen en re-asignación y mayor eficiencia en el uso.

No todas las medidas de respuesta se ajustan fácilmente a estas dos categorías. Por ejemplo, las mejoras en la distribución de agua se pueden considerar tanto como medidas de suministro como de gestión de la demanda, según donde se sitúen en el continuo entre el origen y el usuario. Del mismo modo, la recompra y restricción de derechos históricos del agua, que está teniendo lugar en Australia, y que ya sucedió en Sudáfrica mediante la Ley Nacional de Agua de 1998, se podría ver como una medida del lado del suministro (restricción), o como una medida para promocionar la eficiencia económica del uso del agua, o como re-asignación (al medio ambiente).

TABLA 4  
Estrategias y políticas para afrontar la escasez de agua según categorías de responsabilidad

Nivel	Suministro	Demanda
<b>QUÉ: OBJETIVO</b>		
Autoridad hídrica nacional	Suministrar agua suficiente y segura para todos los sectores de la economía manteniendo la integridad de la base del recurso	Asegurar un uso eficiente y sostenible del agua dulce
Autoridad nacional de agricultura y riego	Asegurar un suministro de agua suficiente para cubrir las necesidades del sector agrícola	Asegurar la máxima productividad del agua usada en agricultura
Autoridad de cuenca fluvial o acuífero	Asegurar que el suministro disponible de agua llega a todos los usuarios de forma transparente, fiable y efectiva	Asegurar un uso eficiente y sostenible del agua dulce por parte de todos los usuarios a nivel de cuenca fluvial o de acuífero, evitando conflictos y garantizando la protección del medio ambiente
Gestor del sistema de riego; Asociación de usuarios del agua	Asegurar que todos los usuarios reciben un suministro de agua suficiente de forma fiable, puntual y efectiva	Asegurar que el agua disponible se usa de la forma más productiva
Agricultores	Asegurar el suministro de agua para todas las operaciones agrícolas	Usar el agua disponible de forma más productiva y provechosa
<b>CÓMO: ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS</b>		
Autoridad hídrica nacional	Construcción de presas multiusos, plantas de desalinización, trasvases entre cuencas, control de la contaminación, negociación de asignaciones transfronterizas; establecimiento y cumplimiento de los caudales ecológicos	Adopción de leyes hídricas; desarrollo de instituciones hídricas; cumplimiento más estricto; promoción de mercados de agua; mecanismos de comercio; tasas del agua o sistemas de cuotas; administración de derechos del agua; asignación de agua y estándares de calidad del agua; campañas de concienciación social; recompra con fines ambientales
Autoridad nacional de agricultura y riego	Construcción de embalses para riego; negociación de la asignación de agua para la agricultura	Incentivos para la modernización del riego; adopción de una gestión del riego orientada al servicio; adaptación de la infraestructura de riego para una mayor flexibilidad y fiabilidad del suministro; revisión del sistema de tarifas del agua agrícola
Autoridad de cuenca fluvial o acuífero	Construcción de grandes presas, reglas de operación de las presas, recarga de los acuíferos, perforación de pozos (aprovechamiento de aguas subterráneas)	Optimización de la gestión de los embalses; gestión de los mecanismos de asignación de agua; administración del uso de aguas subterráneas; control de la contaminación
Gestor del sistema de riego; Asociación de usuarios del agua	Negociación de la asignación de agua, reciclaje del agua de drenaje; mejoras colectivas de la tierra, almacenamiento, desarrollo y gestión dentro del sistema de riego	Reducir pérdidas en la distribución; incentivos para una mayor eficiencia económica del uso del agua en el campo (subsidios, fijación del precio por volumen, mercados de agua)
Agricultores	Perforación individual de pozos; reutilización del agua de drenaje; inversión en conservación de agua en la finca; almacenamiento de agua en la finca; comercio de agua; uso de aguas de retorno; acción colectiva	Mejora de la eficiencia en la finca (riego presurizado), riego deficitario, adaptación de cultivos y variedades a las condiciones del suministro hídrico

TABLEAU 5  
Resumen de opciones para afrontar la escasez de agua

		Medida	Todos los sectores	Agricultura	
Opciones de suministro	Dentro del dominio hídrico	Reducción de la variabilidad interanual del caudal de los ríos	<b>Más almacenamiento (presas multiusos)</b>	<b>Conservación de agua dentro de la finca</b>	
		Aumento de la capacidad de suministro del agua subterránea	<b>Aprovechamiento, gestión, recarga artificial del agua subterránea</b>	Mejora de la recarga del acuífero con el riego	
		Reciclaje y reutilización del agua	Reutilización y reciclaje de ciclo cerrado	<b>Reutilización de aguas residuales urbanas para la producción de cultivos</b>	
		Control de la contaminación	Control de la contaminación en el origen (industria, ciudades)	<b>Producción y protección integrada de cultivos, control de la contaminación procedente de la agricultura (incluyendo el pago por servicios)</b>	
		Importación de agua	<b>Trasvases entre cuencas, desalinización</b>		
Opciones de demanda	Dentro del dominio hídrico	Reducción de las pérdidas de agua	Mejor seguimiento, control de fugas, circuitos cerrados (industria)	<b>Transporte y aplicación de agua presurizados (goteros), mejora de los calendarios de riego y del control de la humedad, revestimiento de canales</b>	
		Aumento de la productividad del agua	a través de un mejor control del agua	Mejores mecanismos de gestión del agua, mejor previsión del suministro, alertas tempranas	<b>Mejora del sistema de suministro de agua en el riego (mayor fiabilidad y flexibilidad del suministro de agua a través de la modernización de la infraestructura y de la gestión), riego de precisión, riego deficitario, drenaje en el riego</b>
			con mejores procesos de producción	Refrigeración en seco (electricidad)	<b>Reducción de brechas de rendimiento a través de mejores prácticas agrícolas (gestión de la fertilidad, control de plagas), material genético mejorado</b>
	Re-asignación del agua	<b>Transferencia intersectorial (a través de mercados de agua u otros mecanismos de asignación)</b> <b>Transferencia intrasectorial (incluyendo limitación de la demanda)</b>	<b>Transición a cultivos de más valor en el riego y/o limitación de la evapotranspiración reduciendo las áreas regadas</b>		
	Fuera del dominio hídrico	Reducción de pérdidas en la cadena de valor	Control de residuos, mejor procesado y distribución	Reducción de pérdidas post-cosecha: almacenamiento, procesado, distribución, consumo final	
		Reducción de la demanda de productos y servicios que precisen riego	Importación de productos manufacturados	<b>Reducción de la brecha de rendimiento en la producción de secano (mejores prácticas agrícolas; gestión de la fertilidad; control de plagas; gestión de la humedad del suelo: acolchado o <i>mulching</i>, eliminación de malas hierbas; drenaje, material genético mejorado, pronóstico meteorológico estacional y seguros para los cultivos).</b> <b>Importación de alimentos y otros productos agrícolas (comercio de agua virtual)</b>	
Reducción del uso de agua per cápita		Cambios en los hábitos de consumo	<b>Cambios en los patrones de consumo de alimentos – dietas que requieran menos agua</b>		

Las opciones en negrita se tratan con más detalle en este informe

## Gestión del suministro

Para tener un acceso garantizado al agua, limitar los daños de inundaciones y superar las sequías, la gente siempre ha tratado de controlar y almacenar caudales de agua estacionales e irregulares. El suministro puede gestionarse aumentando el acceso a fuentes de agua convencionales, incluyendo el almacenamiento con presas, las extracciones de agua subterránea y la recogida de agua de lluvia. También se puede hacer reutilizando aguas residuales y de drenaje o aprovechando fuentes de agua 'no-convencionales', incluyendo la desalinización de aguas salobres o agua salada y el uso de aguas subterráneas fósiles.

## Aumento del almacenamiento de agua

La segunda mitad del siglo XX fue testigo de un rápido aumento del desarrollo de embalses de aguas superficiales, obteniéndose logros remarcables en la movilización de aguas. Las grandes presas multiusos han conseguido cubrir las necesidades crecientes de agua para la agricultura, la generación de energía y las ciudades, y han ayudado a proteger a la población del riesgo de inundaciones. Aunque en ciertas regiones aun se podrían construir más presas, la mayoría de las localizaciones adecuadas ya están en uso, y el desarrollo de nuevas presas es cada vez más costoso.

Desde finales de los años noventa, la controversia sobre las grandes presas ha restringido su desarrollo en muchos países, debido a la preocupación por la subestimación de los impactos ambientales y socio-económicos. Las futuras grandes presas cada vez tendrán que justificarse mejor en términos económicos, sociales y medioambientales.

A nivel doméstico y comunitario, el uso de pequeño sistemas descentralizados de captación y almacenamiento de agua ha aumentado la disponibilidad de agua y reforzado la producción agrícola. Estas medidas a pequeña escala fomentan el desarrollo de las economías locales y aumentan la resistencia al clima de las comunidades. Dichas medidas descentralizadas, tienen un impacto en el balance hídrico del área de captación, aunque sea pequeño (Batchelor, Rama Mohan Rao y Monahar Rao, 2003). Algunos ambiciosos programas de captación de agua a pequeña escala, como el programa de gestión de cuenca desarrollado en Andhra Pradesh y en otras partes de India (Rao *et al.*, 2003), han tenido un impacto significativo en la hidrología del área de captación y en la disponibilidad de agua aguas abajo.

El concepto de *infraestructura verde* es cada vez más importante en la gestión del suministro de agua. Esta idea pretende proteger las funciones críticas del entorno natural mediante medidas de regulación y planificación. En este contexto, los humedales y los bosques juegan un papel crucial en la regulación de los caudales de agua que llegan a los usuarios aguas abajo.

## Aprovechamiento de agua subterránea

La explotación intensiva de agua subterránea ha crecido exponencialmente en escala e intensidad durante las últimas décadas. Se estima que la extracción global de agua subterránea ha crecido desde un nivel base de 100–150 km<sup>3</sup> en 1950 hasta 950–1 000 km<sup>3</sup> en 2000 (Shah, Burke y Villholth, 2007), con la agricultura como responsable de la mayor parte de este aumento. Las últimas estimaciones disponibles basadas en completos datos estadísticos nacionales y sub-nacionales indican que el 40% del área irrigada realmente en el mundo se puede atribuir a fuentes subterráneas (Siebert *et al.*, 2010), con un nivel estimado de extracción anual para agricultura de 454 km<sup>3</sup>.

La agricultura de regadío es el mayor usuario de los principales acuíferos sedimentarios de Oriente Medio, norte de África, Norteamérica y las llanuras aluviales de Asia. El *boom* del agua subterránea ha sido provocado por la demanda de producciones de regadío y facilitado por subsidios gubernamentales y por el fácil acceso a bombas y tecnologías de perforación asequibles. La capacidad del agua subterránea para suministrar agua para riego de una forma flexible y a demanda es una ventaja principal para los agricultores. En India, se observó que

los rendimientos de los cultivos de fincas regadas con agua subterránea eran de 1.2 a 3 veces mayores que los de fincas regadas con agua superficial (Shah *et al.*, 2000).

Aunque el creciente uso del agua subterránea ha mejorado los medios de vida de millones de personas de zonas rurales (Moench, 2002), también ha causado agotamiento de acuíferos, contaminación de aguas subterráneas e intrusión de agua de mar. El problema del agua subterránea es que, al tratarse de un recurso de acceso abierto, hay fuertes incentivos para agotarlo. En casos como el de India, se ha dado a los agricultores acceso a electricidad muy barata, lo que fomenta aun más el agotamiento del recurso. Sin embargo, hay una importante diferencia entre acuíferos aluviales poco profundos que se recuperan en cada estación lluviosa, y acuíferos profundos que tardan mucho más en recargarse.

Las tendencias existentes no se pueden sustentar sin una gestión mucho más efectiva del agua subterránea (Shah, Burke, y Villholth, 2007). Sin embargo, dado que el aprovechamiento de aguas subterráneas está sobre todo en manos de particulares, es muy difícil de regular y seguir, y a menudo ni siquiera hay una base legal para ello (FAO, 2003). Cuando hay legislación, se enfrenta a serias dificultades para su cumplimiento. Esto entorpece las medidas para la conservación y el uso eficiente del agua subterránea. Un problema muy básico es que la noción de 'rendimiento sostenible' es imprecisa, compleja de medir y difícil de aplicar en la práctica (por ejemplo, COMMAN, 2005). Este concepto también ha alimentado la falsa idea de que el uso de agua subterránea no afecta a otras funciones medioambientales. A pesar de estos problemas, se han hecho algunos progresos con el diseño de exitosos procesos de gestión del agua subterránea por la comunidad (APFAMGS, 2009).

La recarga gestionada de los acuíferos es una posible opción importante, pero depende de un entendimiento mucho más profundo de las tasas de almacenamiento y recarga del agua subterránea. En algunos escenarios hidrogeológicos es difícil mejorar la eficiencia de los procesos naturales de recarga, mientras que en otros la proporción de mejora de la recarga con respecto a la recarga natural que sería económicamente viable es muy limitada, aunque estas técnicas pueden ayudar a solucionar problemas locales y a mejorar la calidad del agua subterránea. La prioridad principal de la gestión será siempre la protección de las zonas fundamentales de recarga, y en este contexto se ha considerado el fomento de la recarga en grandes sistemas de riego como alternativa a un mejor servicio para los usuarios (Shah, 2009). En cualquier caso, la recarga de agua subterránea debe diseñarse dentro de un marco presupuestario claro para asegurar la efectividad de las soluciones elegidas.

### **Reciclaje y reutilización de agua**

Las inversiones en suministro, saneamiento y gestión del agua suelen planificarse, diseñarse y gestionarse por separado y con distintos horizontes temporales. La creación de sistemas ambientalmente sólidos que tengan en cuenta el ciclo hídrico completo para varios usuarios exige una aproximación coherente para superar los límites sectoriales y la división campo-ciudad. La gestión de las aguas residuales es esencial por varios motivos. Primero, a menudo las aguas residuales se vierten en lugares donde no puede reutilizarse, o directamente al mar, de modo que se pierde la oportunidad de su uso beneficioso. Segundo, las aguas residuales a menudo son ricas en nutrientes para las plantas que pueden usarse de forma beneficiosa a través del riego. En estas circunstancias, la reutilización en la agricultura, tras el tratamiento primario o secundario con tecnologías ecológicas de bajo coste, puede ser una solución rentable y en la que todos salen ganando.

### **Control de la contaminación**

La contaminación reduce la cantidad de agua disponible para su uso y aumenta el coste de su tratamiento. Los costes de no abordar la contaminación son altos y algunos de los impactos pueden ser irreversibles (contaminación de agua potable subterránea, pérdida de ecosistemas). El agua contaminada tiene un elevado coste para la salud humana: una décima parte de la carga

global de enfermedades se puede atribuir al agua (OMS, 2004). Otros costes de la contaminación son la limpieza, el tratamiento adicional, y los daños para la pesca, los ecosistemas y la recreación. La mayoría de los países han introducido legislación para proteger sus recursos hídricos, pero su implementación a menudo se retrasa porque las responsabilidades están repartidas entre múltiples instituciones, no hay voluntad política de contradecir los intereses de la industria y los costes de control y seguimiento son altos.

Hay casos (sobre todo en países desarrollados) en los que el principio 'el que contamina paga' ha estimulado cambios de actitud con respecto a la contaminación y ha llevado a un mayor reciclaje, con el desarrollo de procesos industriales limpios o la gestión de vertidos con tecnología 'final de proceso' que recoge, controla, trata y hace un seguimiento todo el funcionamiento. Sin embargo, a menudo las inversiones para este tipo de modelos son inexistentes, desde el saneamiento doméstico y los procesos industriales a las plantas de tratamiento de aguas residuales de las ciudades.

Con el aumento de la agricultura intensiva, la contaminación, tanto de fuentes puntuales como difusas, empeorará. Hay tecnologías que permiten limitar la contaminación del agua por la agricultura, en particular a través de la gestión integrada de plagas y nutrientes. La experiencia de países con un alto nivel de ingresos muestra que una combinación de incentivos, como regulaciones, y un seguimiento del cumplimiento y subsidios bien enfocados más estrictos, puede reducir la contaminación del agua. En algunos casos, el modelo de *pago por servicios ambientales* ha llevado a una reducción significativa de la contaminación agrícola y a un ahorro considerable de los costes de tratamiento en zonas situadas aguas abajo de los terrenos agrícolas.

### Trasvases entre cuencas y desalinización

El trasvase de agua desde cuencas ricas a cuencas con escasez de agua ha sido una práctica común en muchas regiones y supone una oportunidad para reducir el desequilibrio local entre suministro y demanda. Con la creciente preocupación por el valor del agua y la necesidad de garantizar los caudales de agua para el futuro, las negociaciones para los trasvases entre cuencas entre las regiones afectadas son cada vez más complejas y difíciles de cerrar.

La desalinización de agua de mar y aguas salobres es cada vez más asequible gracias al progreso de la tecnología de membrana. Este proceso se usa sobre todo para agua potable y suministros industriales en países como Malta, Chipre, Israel y los Estados del Golfo, donde las extracciones de agua han alcanzado el límite de los recursos hídricos totales renovables. La desalinización no se usa mucho para agua agrícola. Los altos costes energéticos y la eliminación de la salmuera son inconvenientes a considerar, pero su uso para cultivos de alto valor se justifica cuando coinciden la escasez física de agua con la demanda del mercado y la ventaja agroclimática comparativa de ciertos cultivos de exportación, sobre todo en el Mediterráneo. En Marruecos hay planes para construir una planta de desalinización para cultivos lucrativos. La desalinización representó solo un 0.4% del uso total de agua en 2004 (casi 14 km<sup>3</sup>/año), pero se espera que la producción sea el doble en el año 2025. Indirectamente, la desalinización para el suministro urbano de agua puede dejar agua libre para otros usos, como la agricultura (FAO, 2006b).

### Gestión de la demanda

El objetivo general de la gestión de la demanda es garantizar que un determinado suministro de agua se distribuye de la forma más cercana posible a su patrón de uso 'óptimo'. En términos económicos, esto se conseguirá cuando la unidad marginal de agua para cada usuario tenga el mismo valor (Winpenny, 1994). El objetivo de igualar los valores marginales del agua en todos los usos<sup>7</sup> es un ideal teórico, pero cuando los recursos son escasos y su coste de suministro crece,

7 El llamado Óptimo de Pareto, en el que es imposible aumentar el bienestar general redistribuyendo aun más el bien.

es importante que los responsables motiven a la sociedad en su totalidad para que haga el uso más 'productivo' del agua disponible, como sea que esto se conciba. Esto puede lograrse dando incentivos a usuarios individuales para hacer un uso más 'eficiente' del agua y fomentando la transferencia del agua a fines más beneficiosos<sup>8</sup>. Estas dos posibilidades se tratan a continuación.

### Un uso más 'eficiente' del agua

Los objetivos 'más eficiente' y 'más productivo' son dos caras de la misma moneda. *Eficiencia* hace hincapié en el 'proceso' y es un ratio sin unidades entre producción e insumos, mientras que *productividad* pone el énfasis en la 'producción' y en el caso de la productividad del agua se mide en términos de unidades por volumen de agua. Según este tipo de gestión de la demanda, se anima a los usuarios a reducir las pérdidas y el gasto de agua, eliminar las aplicaciones de agua de poco valor, y maximizar el valor obtenido del agua que les queda. En este contexto, 'valor' incluye tanto beneficios no monetarios como valores estimados por la 'disposición a pagar' y otras técnicas de valoración económica.

El término 'eficiencia del uso del agua' se usa a veces en sentido estricto como la relación entre uso beneficioso y extracción de agua. Esto se aplica a la noción de 'eficiencia del suministro de agua' o 'eficiencia del riego', donde se analiza la diferencia entre extracción de agua y pérdidas físicas resultantes de fugas de tuberías y canales y despilfarro por una aplicación excesiva o inapropiada para el cultivo o el proceso productivo en cuestión. Las redes de distribución urbana y los sistemas de riego pierden grandes cantidades de agua por fugas y percolación. Entre los 23 países del Mediterráneo se estima que un 25% del agua se pierde en redes urbanas y un 20% en los canales de riego, mientras que las estimaciones globales de eficiencia del riego están en torno al 40%. En la gestión de la demanda de agua, es importante apreciar las posibilidades reales de ahorrar agua reduciendo estas pérdidas, pero esto solo se puede identificar con procedimientos de contabilidad del agua.

Sin embargo, hay dos factores que limitan el posible alcance e impacto de la reducción de las pérdidas. Primero, solo una parte del agua perdida para usos beneficiosos puede recuperarse eficazmente a un coste razonable. A menudo se usa la proporción de fugas en antiguas redes urbanas como valor representativo de la eficiencia de la red, aunque cambiar las tuberías y los accesorios puede resultar caro y muy perturbador<sup>9</sup>. Segundo, parte del agua 'perdida' entre la fuente y el usuario final regresa al sistema hidrológico, bien por percolación en los acuíferos o como caudal de retorno a los sistemas fluviales (Perry, 2007). La parte de agua perdida por *consumo no-beneficioso*, ya sea por evaporación o por drenaje a masas de agua de baja calidad o al mar, varía mucho según las condiciones locales. También hay una diferencia entre las pérdidas urbanas o industriales y las que se producen en áreas agrícolas, y entre situaciones aguas arriba y aguas abajo. Por lo tanto, es necesario entender con claridad el alcance de las ganancias reales de la reducción de pérdidas para evitar diseñar costosas opciones de gestión de la demanda que tendrán un efecto limitado sobre la disponibilidad de agua para la unidad hidrológica considerada en su totalidad. En esta situación, las 'pérdidas' de agua pueden considerarse desde otro punto de vista como 'usos no intencionados' y es importante hacer un seguimiento de para qué se usa realmente el agua 'perdida', si es que se usa para algo.

Dicho esto, en muchos casos todavía se justifica acometer la reducción de pérdidas en los sistemas de distribución. Unos niveles excesivos de pérdidas y fugas reflejan fallos en la infraestructura o en su manejo, y causan costes financieros (de producir, bombear y transportar el agua), así como la degradación del sistema de distribución, el aumento de los riesgos para la salud y el medio

8 El término beneficioso es más inclusivo y menos peyorativo que "productivo".

9 En Inglaterra y Gales, el organismo regulador del agua OFWAT usa el concepto de "nivel económico de fugas", específico para cada compañía, en el que el valor del agua que se podría ahorrar con un mayor control de las fugas es igual al coste por unidad de llevarlo a cabo.

ambiente, y la pérdida de oportunidades de uso beneficioso del agua. En el riego, por ejemplo, las pérdidas en la distribución pueden reducir la cantidad de agua disponible para los regantes del final del sistema.

### Re-asignación de agua

El paso del agua a usos más beneficiosos se puede conseguir con una combinación de fijación de precios y otros mecanismos administrativos y del mercado. Una vez que se han cubierto las necesidades esenciales humanas y medioambientales, la aplicación de un 'precio sombra' a lo que quede de este escaso recurso, fomentaría su aplicación para los fines más productivos (o beneficiosos). En un régimen de mercado, el agua fluiría de usos de menos valor a usos de más valor<sup>10</sup>.

Cuando solo se considera la producción de bienes, la agricultura suele tener un valor añadido muy inferior a otros sectores. Según este criterio, la re-asignación normalmente favorecería a otros sectores como ciudades, industria, turismo o recreación. Sin embargo, el escenario es complicado debido a las múltiples funciones que la agricultura desempeña en la sociedad: social, cultural, religiosa y medioambiental, además de productiva. En muchos países en desarrollo la agricultura es un medio de vida para una gran proporción de la población rural. Además, la volatilidad actual del precio de los alimentos está llevando de nuevo la atención a la necesidad de los gobiernos de garantizar un suministro de alimentos suficiente para satisfacer las necesidades básicas de la población. Por tanto, el deseo de alcanzar la soberanía en cuanto a la alimentación nacional introduce nuevas consideraciones. Al valorar los múltiples beneficios del uso de agua para la agricultura se han de tener en cuenta todos estos valores y elecciones de la sociedad.

En algunas regiones (Chile, partes de Australia y algunos Estados del oeste de Estados Unidos) se han creado las condiciones para el intercambio habitual de agua. Normalmente los principales usuarios de los mercados de agua son agricultores que necesitan agua adicional para cultivos de gran valor durante condiciones de sequía o ciudades que necesitan cubrir necesidades de agua crecientes. Los precios reales establecidos en estos mercados indican los valores marginales del agua en esos diferentes usos, que normalmente son muy superiores a los valores medios. Sin embargo, los mercados típicos están muy localizados y son muy imperfectos en el sentido económico teórico. Como anotaba un reciente estudio, "las observaciones de precios de un contexto pueden tener muy poca relevancia en otro" (Aylward *et al.*, 2010).

En la gran mayoría de los países, los mercados del agua, basados en derechos del agua establecidos, seguros e intercambiables, no son una opción viable. En estos países, la asignación o re-asignación intersectorial se puede obtener con medidas administrativas. Independientemente de que la re-asignación se realice a través del mercado o con mecanismos administrativos, la sociedad ha de fijar límites sobre las transferencias para proteger a terceras partes, al medioambiente y el interés social más general. Bajo estas condiciones, la competencia por el agua puede conducir a mejores eficiencias en su asignación. Usando mecanismos de comercio, algunas organizaciones incluso entrar a 'competir' en representación del medio ambiente, comprando derechos para un cierto volumen de agua de un río o un lago, que luego dejan en la masa de agua como 'caudal ecológico'. En Australia, se ha creado un Titular del Agua Ecológica de la Commonwealth para gestionar los derechos de agua adquiridos para el medio ambiente por el programa de recompra del gobierno, y el 50% de todo el agua ahorrada a través del programa de financiación de infraestructuras del gobierno debe devolverse al medio ambiente<sup>11</sup>.

También se discute si permitir que los precios reales o de mercado del agua influyan en la asignación de la misma puede hacer que las fuerzas del lado del suministro se hagan responsables

---

10 Como dice el dicho, "el agua fluye hacia arriba donde esté el dinero".

11 Información presentada por Australia en la Consulta de expertos.

de la escasez de agua, fomentando la inversión privada y los avances técnicos. Una serie de países han incluido un uso más activo de precios reales del agua entre sus respuestas políticas a la escasez de agua. En Australia, las indicaciones precisas de precios y los mercados efectivos de agua se consideran una parte esencial de la mejora de la eficiencia económica del uso del agua y también de la promoción entre los usuarios de la adaptación a condiciones climáticas cambiantes. En Sudáfrica, la fijación económica de precios para el agua, en principio, pretende reflejar la escasez de agua, aunque el nivel de tasas del agua de riego aun podría desarrollarse más en este sentido para reflejar los valores comúnmente acordados<sup>12</sup>.

El uso de mecanismos de mercado o de fijación de precios no es aplicable en todas las situaciones y requiere que se pueda aplicar una serie de condiciones. En la cuestión del riego, la excesiva promoción de modelo simplistas basados en el mercado de los años noventa no tuvo mucho éxito. De hecho, hay gran escepticismo entre los profesionales del riego sobre la viabilidad e incluso la idoneidad de usar tasas de riego para fomentar un uso eficiente del agua entre los agricultores. (Molle y Berkoff, 2007). Este es un asunto muy complejo y controvertido y las recetas simplistas deben evitarse. Desde un punto de vista práctico, sin embargo, debería hacerse notar que las tarifas cumplen dos propósitos – el propósito económico de indicar escasez, y el propósito financiero de generar ingresos para un sector con escasez crónica de fondos. En una región con estrés hídrico del sur de Italia, la tarifa del agua de riego incluye, junto con una tasa variable progresiva por metro cúbico, un cargo fijo por hectárea para cubrir el coste de mantenimiento<sup>13</sup>. La siguiente sección trata algunas de las dificultades inherentes a la aplicación de precios y de mercados del agua en la agricultura como un medio de conseguir la re-assignación deseada de agua dentro de este sector.

## 6.2 OPCIONES DENTRO DEL DOMINIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA AGRÍCOLA

La mayoría de las opciones de respuesta discutidas hasta ahora se ejemplifican en la agricultura, con características específicas para este sector. Esta sección trata la aplicación agrícola de la mejora del suministro, la reducción de pérdidas, la productividad de cultivos, la re-assignación y las medidas para agricultura de secano.

### Mejora del suministro

El agua disponible para la agricultura se puede aumentar a distintas escalas. A escala de cuenca fluvial, las presas para el almacenamiento de agua de riego, ya sean de uso único o multiusos, son una solución que requiere una gran inversión de capital. A una escala mucho menor, cada agricultor puede poner pequeñas presas en los ríos y almacenar y captar agua para sus propias operaciones. A nivel de finca, en condiciones de secano, los agricultores pueden llevar a cabo prácticas de conservación de agua dentro de la finca para reducir la escorrentía y fomentar la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo. A este nivel local, el aumento de la disponibilidad de agua está muy descentralizado y precisa de un gran número de campesinos que bombeen agua subterránea y desarrollen la captación de agua a pequeña escala.

### Reciclaje y reutilización de agua en el riego

El nivel de reutilización y reciclaje de agua de drenaje y agua residual es una parte muy importante de la contabilidad del agua. En proyectos contiguos de riego a gran escala, el exceso de agua vuelve al sistema por drenaje o infiltración y se reutiliza en el mismo sistema o aguas

---

12 Información presentada por Sudáfrica en la Consulta de expertos.

13 Información presentada por Italia en la Consulta de expertos.

abajo. En el valle del Nilo, por ejemplo, alrededor del 20% del agua se recicla de este modo entre la presa de Aswan y el mar (Molden, El Kady y Zhu, 1998; Faurès, Svendsen y Turrall, 2007). Los grandes sistemas de arrozales del sudeste de Asia siguen un patrón de reutilización muy similar. Es esencial tener una buena estimación del nivel de reutilización para valorar la efectividad de las medidas para el ahorro de agua: es posible que los esfuerzos realizados para aumentar la eficiencia en el uso del agua reduciendo las pérdidas en la distribución y en la propia finca resulten tener un impacto neto marginal cuando se evalúen a escala de cuenca.

Aunque su relevancia global es menor, la reutilización de aguas residuales urbanas en la agricultura tiene importancia potencial en cada vez más localidades. No hay cifras fiables sobre el nivel de uso de aguas residuales municipales en agricultura, pero el uso de aguas residuales tratadas y sin tratar es significativo en ciertas áreas con escasez de agua como Oriente Medio y el valle de Tula cerca de la Ciudad de México. Se necesita hacer un esfuerzo para evaluar mejor y esquematizar la actual reutilización informal de aguas residuales y su potencial, sobre todo en áreas con escasez de agua (FAO, 2010).

Aunque la principal preocupación sobre el uso de aguas residuales sin tratar en agricultura es por los posibles riesgos para la salud humana, la aplicación de estándares de calidad de agua a menudo es complicada por la ambigüedad de las autoridades o por su limitada capacidad para hacer que se cumplan dichos estándares. Es difícil restringir los cultivos que se pueden regar con aguas residuales, cuando hay ciertos cultivos con una gran demanda en el mercado local y su producción resulta rentable. Incluso cuando las aguas residuales no se tratan hasta el grado deseable, los riesgos para la salud se pueden reducir mediante la concienciación de la población y adoptando métodos de riego que reduzcan sustancialmente la contaminación fecal de los cultivos. La mejora de la higiene en la comercialización de los productos también ha resultado ser una forma rentable de proteger la salud pública.

## Reducción de las pérdidas de agua

Ha habido mucha controversia y debate sobre el concepto ingenieril de 'eficiencia en el uso del agua' – la relación entre la cantidad de agua evapotranspirada por las plantas con fines productivos y la cantidad de agua extraída o derivada de su origen (Keller y Keller, 1995; Keller, Keller y Seckler, 1996; Seckler, 1996; Perry *et al.*, 2009; Frederiksen y Allen, 2011; Gleick, Christian-Smith y Cooley, 2011). En la actualidad, se acepta ampliamente que, aunque las pérdidas del riego parecen altas –tan solo en torno al 40% de media del agua suministrada a la agricultura llega a las raíces de la planta – una parte importante de estas 'pérdidas' vuelve a la cuenca fluvial en forma de caudal de retorno o de recarga del acuífero, y puede ser aprovechada por otros usuarios aguas abajo o desempeñar importantes funciones ambientales. Las medidas para reducir las pérdidas aguas arriba, mientras se mantengan los niveles existentes de extracción, aumentarán la eficiencia productiva del uso del agua, pero, al mismo tiempo, pueden privar a los usuarios aguas abajo de estos caudales de retorno que vuelven a los ríos y recargan los acuíferos y de los que dependen.

Por lo tanto una aparente 'conservación' de agua puede tener un impacto perjudicial sobre la disponibilidad de agua. El desarrollo de la cuenca puede mejorar la disponibilidad de agua para los agricultores de zonas semiáridas, pero esto a menudo lleva a la intensificación del uso del agua y reduce la disponibilidad de la misma aguas abajo (Batchelor, Rama Mohan Rao y Monahar Rao, 2003). Igualmente, se podría entrar en una trampa de eficiencia del agua. Muchos estudios sobre la aplicación de riego de precisión muestran que la conservación de agua mediante la adopción extendida de riego por goteo altamente eficiente puede aumentar el uso consuntivo local de agua y reducir el flujo aguas abajo (por ejemplo, Ward y Pulido-Velázquez, 2008). Estas prácticas pueden aumentar la productividad del agua, pero no necesariamente aumentan la cantidad de agua disponible para otros agricultores – de hecho, podrían reducirla

induciendo más evapotranspiración, si bien es cierto, con técnicas muy eficientes. Este es a menudo el caso cuando el riego de cultivos básicos se transforma en un riego más preciso para cultivos hortícolas con mayores necesidades de agua y mayores intensidades de cultivo. En el límite de la escasez, cuando todas las fuentes de agua se han explotado y todas las pérdidas se han reducido mediante la aplicación de sistemas de riego más eficientes, la única opción para conservar y recuperar las reservas de agua subterránea o reducir su ritmo de agotamiento, es reducir el volumen de evapotranspiración. En la Llanura del Norte de China se han intentado introducir cuotas de evapotranspiración (Banco Mundial, 2009).

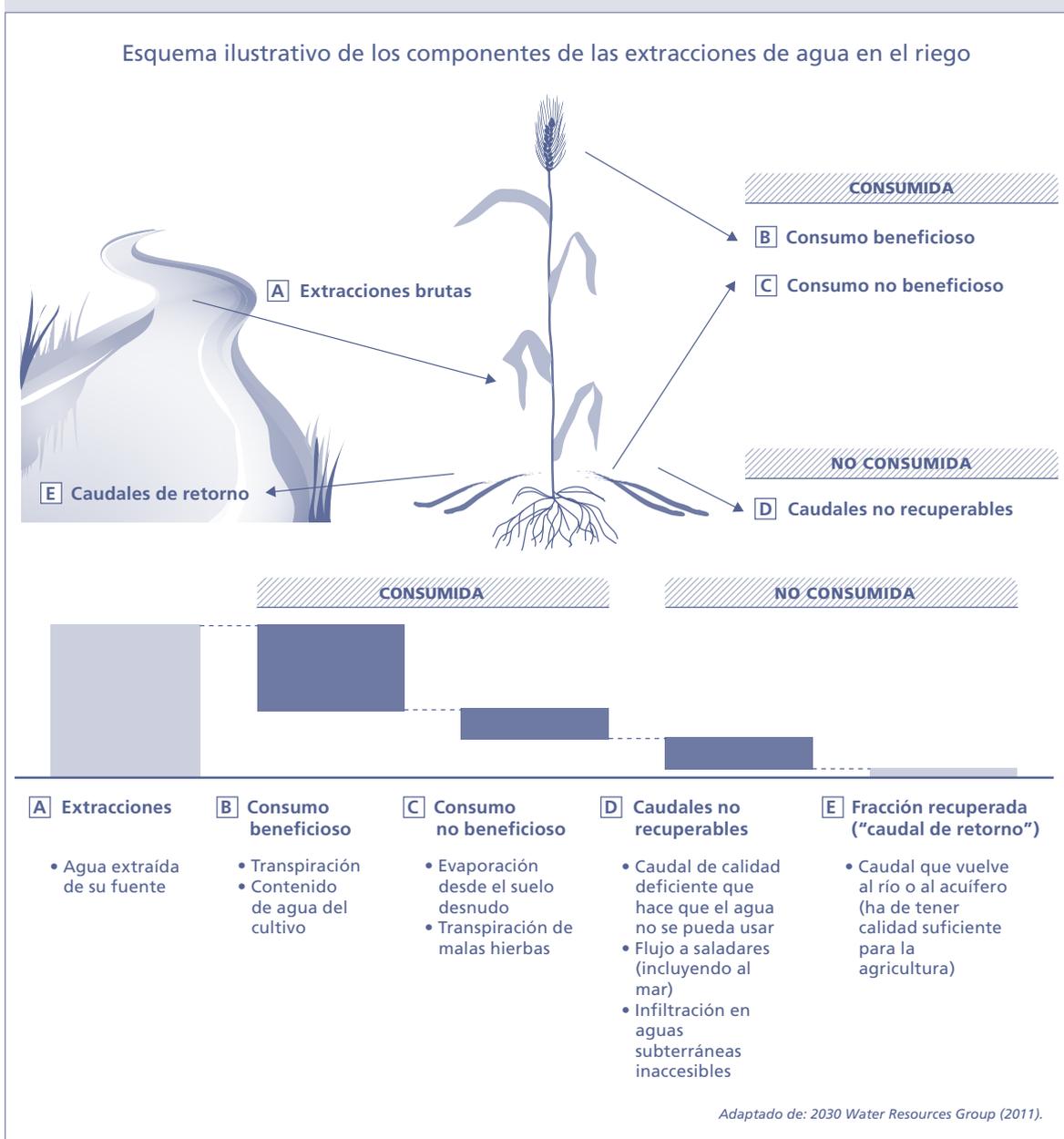
En el caso de los arrozales, la filtración excesiva en el agua subterránea subyacente ya se está recuperando en muchas áreas mediante bombeo (Frederiksen, 2009). El agua que se 'pierde' por fugas se puede usar eventualmente igual de productivamente que la que queda retenida en el sistema de riego, incluso cuando lleva asociados costes extra por su recuperación mediante bombeo y su tratamiento para obtener agua con unos estándares de calidad aceptables.

En algunos casos, el exceso de riego puede producir encharcamiento y por consiguiente, sobre todo en áreas áridas y semiáridas, salinización. Para evitar que esto suceda se pueden usar sistemas de drenaje eficientes y el agua de riego se puede aplicar con moderación durante la temporada de crecimiento del cultivo, mientras que es posible que las sales acumuladas tengan que lavarse con agua en los periodos de barbecho. El agua usada para lavar las sales acumuladas en el suelo se puede reutilizar aguas abajo si se diluye lo suficientemente con agua dulce de río o con agua subterránea.

La conclusión más importante es que las medidas para reducir pérdidas han de evaluarse por área de captación y no solo a nivel de fincas individuales. Las consecuencias para los caudales de retorno, su distribución en el espacio y en el tiempo y la parte recuperable deben estar claras. Por lo tanto, las intervenciones efectivas para reducir pérdidas en el riego requieren una evaluación detallada de todos los elementos del balance hídrico de un determinado sistema hidrológico, identificando en particular la parte de agua suministrada que se pierde por evaporación, la parte que vuelve al río o al acuífero y es reutilizada, o se podría reutilizar, aguas abajo, la parte que se destina a un uso beneficioso por la evapotranspiración de los cultivos y la parte que no se consume y que no es recuperable (Molden, 1997; Hsiao, Steduto y Fereres, 2007). Solo en estas condiciones se pueden diseñar medidas de conservación efectivas. El resumen conceptual presentado en el Cuadro 2 ofrece un método para evaluar el efecto potencial de las acciones de ahorro de agua propuestas en términos de consumo beneficioso y no beneficioso y de caudal recuperable y no recuperable. Estas evaluaciones deberían por lo tanto realizarse sistemáticamente.

CUADRO 2  
Componentes de la extracción de agua para riego

La siguiente figura presenta una visión conceptual de los componentes de la extracción de agua a nivel de la parcela que deben considerarse al diseñar programas de gestión de la demanda (Perry, 2007; Perry *et al.*, 2009; Grupo de recursos hídricos 2030, 2010). El agua extraída de su fuente puede dividirse en una fracción *consumida* y otra *no consumida*, siendo la fracción consumida la parte de agua extraída que se evapora, ya sea directamente del suelo o por la transpiración de la planta. La fracción no consumida abandona el campo, ya sea por percolación profunda o fluyendo a tierras situadas aguas abajo o a cursos de agua. Parte de la fracción consumida se destina a un *uso beneficioso* mediante la transpiración del cultivo o quedando retenida como contenido de agua del cultivo, mientras que el *consumo no beneficioso* se pierde por evaporación desde el suelo desnudo. De la fracción no consumida, una *parte no recuperable* se perderá para otros posibles usos, porque fluye a aguas subterráneas inaccesibles, a saladares o al mar, o porque su calidad se ve alterada hasta tal punto que ya no se puede usar, mientras que el resto fluirá aguas abajo como *caudal de retorno o recuperable* disponible para su uso.



Las opciones de conservación de agua están por lo tanto intrínsecamente vinculadas a cuestiones de acceso y derechos y asignación entre usuarios. Puesto que afectan al acceso y a la distribución del agua, las medidas de conservación deben considerarse dentro del contexto de asignación más amplio para asegurar que se entienden y se aceptan las consecuencias para los usuarios.

Sin embargo, hay margen para la adopción de tecnologías y métodos de gestión que reduzcan las pérdidas de agua en los procesos de distribución y de aplicación, y sería un error descartar automáticamente medidas de conservación del suelo con las que la mayor parte del caudal de retorno puede volver a usarse aguas abajo (Cuadro 3). La proporción de la fracción no recuperable y de consumo no beneficioso comparada con el caudal de retorno y el consumo beneficioso es en gran medida específica de la situación y cambia de un lugar a otro. Además, las opciones de conservación de agua suelen estar asociadas a una mayor productividad del agua y a otros beneficios no relacionados con el agua, como la reducción del uso de energía, reducción de los costes de mano de obra y mayor precisión y fiabilidad del sistema de distribución de agua (Gleick, Christian-Smith y Cooley, 2011).

### CUADRO 3

#### Prácticas de ahorro de agua en sistemas de canales de arrozales de Asia

En algunos sistemas de canales de los arrozales de Asia, el almacenamiento desequilibrado y descoordinado, junto con problemas internos de distribución, han llevado a la escasez de agua 'artificial' en muchos sistemas de riego. El desconocimiento de los balances hídricos, de la relación entre agua superficial y subterránea, y de la diferencia entre usos beneficiosos y no beneficiosos ha dado lugar con frecuencia a una efectividad mediocre de las medidas de ahorro de agua (AIT, 2009). Sin embargo, algunas prácticas de ahorro de agua, como los ciclos alternos de humedecimiento y secado, cuando se integran con la gestión del almacenamiento y la creación de bancos de agua, pueden contribuir al ahorro de la misma y a aumentar su productividad. Estas prácticas reducen el consumo no beneficioso del agua usada en la agricultura y por lo tanto representan una ganancia neta para la disponibilidad de agua a nivel de cuenca fluvial. Para poder implementar con éxito dichas prácticas es preciso entender las limitaciones que impiden que los agricultores las adopten. Los incentivos para que los agricultores adopten medidas de ahorro de agua deben centrarse en la mejora del servicio de riego y de las infraestructuras, y en una mayor flexibilidad y fiabilidad de los servicios hídricos. El uso de cuotas, junto con el comercio de agua dentro del sistema de riego, presenta resultados mucho más prometedores que los modelos que promueven las tasas de agua como herramienta para gestionar la demanda.

Las medidas de conservación promocionadas con más frecuencia son el revestimiento de canales y la conversión de riego por gravedad a riego presurizado, en particular riego localizado (micro-riego)<sup>14</sup>. El revestimiento de canales en grandes sistemas de riego superficial es una de las opciones más fomentadas para reducir pérdidas en el riego, sobre todo en el sur de Asia. Cuando se diseñan para áreas con grandes acuíferos continuos y no confinados, como la cuenca del Ganges, dichas intervenciones se pueden aplicar para mejorar el control del agua y quizá reducir las fugas locales, pero no necesariamente conseguirán un ahorro de agua significativo en toda el área de influencia. Además, en las condiciones actuales, en las que gana importancia el uso combinado de agua superficial y subterránea mediante la excavación de pozos poco profundos de agua subterráneas en parcelas individuales, los sistemas de riego por gravedad con poca eficiencia en el transporte son cada vez más importantes para la recarga de los acuíferos. La planificación de la modernización o rehabilitación de dichos sistemas de riego debe por lo tanto adoptar una perspectiva mucho más amplia del ahorro de agua y centrarse más en la productividad general del agua de un sistema que en la eficiencia técnica estricta. Es posible que el revestimiento de canales se justifique en el marco de los planes de modernización cuando sea necesario para mejorar el control del agua, o en áreas donde las pérdidas durante el transporte son altas y la recuperación aguas abajo es improbable.

14 Información presentada por Italia en la Consulta de expertos.

Se debe tomar una postura similar en el caso de la transformación de los sistemas de riego por gravedad a presurizado. El riego presurizado no siempre supone un ahorro de agua real a escala de finca, sistema y cuenca. Por ejemplo, el riego localizado puede aumentar el uso neto de agua a nivel de finca como resultado de la intensificación por cultivos múltiples o por la ampliación del área irrigada.

Sin embargo, la adopción de riego presurizado a menudo representa un paso adelante hacia un mayor control, flexibilidad y fiabilidad del suministro de agua de riego, y por tanto permite la transición a cultivos más rentables. Estas transformaciones pueden estar justificadas no solo por el ahorro de agua sino también porque aumentan la productividad del riego. Estas consideraciones se tratan a continuación, pero en cualquier caso siempre será necesario entender con claridad los cambios en la distribución del agua y las implicaciones a nivel de cuenca fluvial o de acuífero.

### **Mejora de la productividad del agua de los cultivos**

En general, se acepta que el objetivo principal del riego es aumentar la productividad del agua de los cultivos, es decir, la cantidad de producción por volumen de agua usada. La Evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura (CA, 2007) cuenta con una exhaustiva revisión de este tema. La productividad agrícola se puede aumentar incrementando la producción a partir de un determinado volumen de agua, o reduciendo el volumen de agua mientras se mantienen unos niveles aceptables de producción. Este último es el caso del riego deficitario, una estrategia mediante la cual el agricultor aplica menos riego del necesario para cubrir las necesidades totales del cultivo. Aceptando ciertas pérdidas de rendimiento en los principales cultivos anuales, el riego deficitario pretende alcanzar un óptimo económico en la relación entre uso de agua y rendimiento de los cultivos en condiciones de escasez de agua. Su aplicación requiere conocer la respuesta de los cultivos al déficit hídrico en las distintas etapas de crecimiento para poder formular un calendario de riego que maximice el ahorro de agua y minimice la pérdida de rendimiento. El riego deficitario se usa normalmente en cultivos permanentes como frutales o viñas, donde, al contrario de lo que sucede con los cultivos anuales, reducir las hectáreas o no sembrar no es una opción viable para luchar contra la escasez de agua. Para muchos cultivos arbóreos, el riego deficitario ofrece la posibilidad de reducir el agua de riego manteniendo los ingresos del agricultor, en condiciones de escasez de agua (FAO, 2012).

El aumento del rendimiento de los cultivos (producción por unidad de tierra) es la forma más importante de incrementar su productividad con respecto al agua. En los últimos 30 años, el incremento del rendimiento representó el 75% del crecimiento de la producción agrícola y se espera que ésta siga siendo la principal fuente de crecimiento de la misma (FAO, 2006a). En sistemas de regadío, el aumento del rendimiento puede obtenerse con medidas agronómicas que maximicen la parte de agua que se destina al uso beneficioso mediante transpiración del cultivo, y que minimicen la parte de agua que se pierde por evaporación no beneficiosa. Esto no implica necesariamente un aumento del suministro de agua para los cultivos. Solo una pequeña fracción de agua adicional se captura como contenido de agua adicional en el cultivo, pero esta fracción normalmente representa menos del 1% del agua total usada por las plantas. Por tanto, cualquier aumento de rendimiento se traduce directamente en una mejora de la productividad del agua del cultivo.

La mejora genética y la biotecnología pueden ayudar a reducir las pérdidas de biomasa mediante una mayor resistencia a plagas y enfermedades; un crecimiento temprano vigoroso para cubrir el suelo rápidamente y/o desarrollar las raíces; y una menor sensibilidad a la sequía.

Aunque se han hecho progresos sustanciales en muchos países con escasez de agua en la reducción de la brecha entre el rendimiento real y potencial de los cultivos, aun se puede hacer

mucho más. El rendimiento puede aumentar con una combinación de control del agua, mejor gestión de la tierra, mejores semillas, y uso prudente de fertilizantes y de fitosanitarios. Sin embargo, la mejora del control del agua es un requisito primordial para la intensificación y el aumento del rendimiento. En particular, hay una relación directa entre fiabilidad y flexibilidad del suministro de agua y capacidad de inversión en la producción de cultivos.

Por lo tanto, probablemente la modernización a gran escala de los sistemas de riego (una combinación de mejoras de las infraestructuras y de la gestión de forma que mejoren también los servicios de distribución de agua) sea una parte central de las estrategias nacionales para mejorar el rendimiento de la producción agrícola. La modernización, junto con la gestión de la fertilidad del suelo y la protección de cultivos, podría reducir significativamente las brechas de rendimiento de las producciones de regadío. Con esto presente, la FAO ha creado varias herramientas para evaluar la productividad de la agricultura de regadío. El modelo MASSCOTE (Cartografía de sistemas y servicios para técnicas de operación del canal) evalúa el desempeño de la gestión del riego, analizando y evaluando los distintos elementos de un sistema de riego para desarrollar un plan de modernización que mejore los servicios de suministro de agua y la rentabilidad de la operación y la gestión (FAO, 2007). AquaCrop es el modelo de cultivos de la FAO que simula la respuesta de los rendimientos al agua, resultando especialmente útil para estudiar condiciones en las que el agua es el factor limitante clave para la producción de cultivos. (FAO, 2012).

### Re-asignación de agua de usos de menos valor a usos de más valor en regadío

El margen para aumentar el valor por unidad de agua usada en agricultura (productividad económica del agua) varía considerablemente, pero en algunos casos puede ser una opción más prometedora que el aumento de la productividad física del agua. No hay correlación entre los requerimientos hídricos de un cultivo y el retorno económico. En áreas con escasez de agua tiene sentido usarla para cultivos de alta rentabilidad económica, en vez de para cultivos básicos con una baja rentabilidad. En Túnez, este objetivo se expresa como “*la meilleure valorisation économique de l'eau*”<sup>15</sup>.

Cuando se dan las condiciones necesarias en el mercado y los productos básicos se pueden obtener de otra forma, se puede animar a los agricultores a pasar a cultivos de más valor y aumentar así la productividad del agua en la agricultura. No obstante, los cultivos de más valor, a menudo requieren sistemas de suministro de agua más flexibles y fiables de lo que pueden ofrecer muchos de los sistemas públicos de riego a gran escala. Es posible que haya que hacer cambios tanto en la gestión como en la tecnología del riego – no es una coincidencia que la producción de cultivos lucrativos esté normalmente vinculada al agua subterránea, pues los agricultores tienen así control completo sobre el suministro de agua. Los cultivos de alto valor normalmente requieren mucho capital y son sensibles a las condiciones del mercado, y por lo tanto tienen más riesgos para los agricultores. El cambio a cultivos de mayor valor requiere acceso a insumos como semillas, fertilizantes y crédito, así como a tecnología y a conocimiento técnico.

Las políticas nacionales de las áreas con escasez de agua fomentarán esta conversión a una agricultura más productiva hasta un grado que dependerá en parte de las estrategias nacionales de seguridad alimentaria. El nivel de integración del país en la economía global, el acceso a mercados importantes a través de acuerdos comerciales y el nivel de confianza en el mercado global como fuente de alimentos básicos son factores que condicionarán las estrategias alimentarias nacionales y afectarán a las prioridades establecidas a la hora de re-asignar el agua a usos de más valor. Pero, como ya se indicó al hablar de la reducción de las pérdidas de agua, es posible que la agricultura de regadío altamente eficiente y productiva, explote todas las

15 Información presentada por Túnez en la Consulta de expertos.

fuentes de agua. En este punto, no quedan muchas más opciones que fijar cuotas sobre las áreas cosechadas y los volúmenes de evapotranspiración.

### 6.3 OPCIONES FUERA DEL DOMINIO HÍDRICO

#### Invertir en agricultura de secano

La agricultura de secano representa el 80% de la tierra cultivada y contribuye al 58% de la producción agrícola global de cultivos (Bruinsma, 2009). Es por lo tanto la fuente principal de producción agrícola a nivel global. Esto ha propiciado que se amplíe la perspectiva del agua agrícola para incluir tanto a la agricultura de regadío como a la de secano (Wani, Rockström y Oweis, 2008; Rockström *et al.*, 2009). Se han definido los conceptos de agua azul (agua que fluye en ríos, lagos y acuíferos) y agua verde (agua de lluvia almacenada en el suelo y usada directamente por las plantas mediante evapotranspiración) para mostrar la importancia relativa de la agricultura de secano en relación con el riego en lo que respecta al uso del agua. De hecho, el agua dulce que se consume en el riego solo representa el 20% de todo el agua que los cultivos consumen por evapotranspiración (CA, 2007).

Hay varias razones para invertir en agricultura de secano como parte de la estrategia para afrontar la escasez de agua, pero las oportunidades varían mucho de un sitio a otro. En los lugares en los que el clima es adecuado para la agricultura de secano, hay un gran potencial para aumentar la productividad si los rendimientos aun son bajos, como es el caso de muchas regiones de África subsahariana (CA, 2007). En esta situación, la combinación de buenas prácticas agrícolas (gestión del suelo, el agua, la fertilidad y el control de plagas), enlaces hacia arriba (insumos, crédito) y hacia abajo (mercados), junto con seguros que protejan de fenómenos meteorológicos, puede hacer mucho por mejorar la productividad agrícola con un impacto mínimo sobre los recursos hídricos.

La cuestión del equilibrio entre agricultura de secano y de regadío recibe la máxima atención en los trópicos semiáridos. En estas áreas, la dependencia de la agricultura de secano implica un considerable riesgo relacionado con el clima. Se han propugnado una serie de medidas de captación de aguas para superar los periodos secos y reducir así el riesgo de la agricultura de secano (Wani, Rockström y Oweis, 2008; Faurès y Santini, 2008). Sin embargo, estas medidas no protegen a los cultivos en periodos secos más largos que pueden llevar a la pérdida de las cosechas. Se debe valorar con cuidado los beneficios, los costes y los riesgos de estas prácticas para poder juzgar si son adecuadas. Además, los trópicos semiáridos son una de las zonas identificadas como especialmente vulnerables al cambio climático y a la variabilidad climática asociada a él (FAO, 2011a).

#### Reducción de pérdidas en la cadena alimenticia

Se producen pérdidas a lo largo de toda la cadena alimenticia, desde la cosecha hasta el transporte, almacenamiento y envasado. Aun hay más pérdidas durante el procesado, la venta mayorista y minorista y el consumo en los hogares. La FAO (2011b) estima que las pérdidas y el desperdicio entre el campo y el usuario final podrían estar en el orden del 30%. Evidentemente, con la progresiva extensión de la cadena alimentaria asociada a la economía moderna, parte de estas pérdidas serán irrecuperables. No obstante, dentro de una estrategia de seguridad alimentaria nacional, tiene sentido identificar las principales fuentes de pérdidas y evaluar la posibilidad de reducirlas.

Asociada a esto está la cuestión de la dieta, que cada vez atrae más atención. Según progresan las sociedades, el consumo de alimentos per cápita tiende a aumentar y las dietas se diversifican (ONU-Agua, 2006b). El aumento del consumo de carne, y en menor grado, el de productos

lácteos, incrementa la presión sobre los recursos hídricos, puesto que se necesitan grandes cantidades de agua para su producción (CA, 2007). El punto hasta el que las sociedades están dispuestas y preparadas para modificar sus hábitos alimenticios como parte de un esfuerzo mayor por reducir su huella ambiental es algo que escapa al alcance de este informe. Sin embargo, este asunto tiene implicaciones para la seguridad alimentaria nacional y para las estrategias para afrontar la escasez de agua.

### Más allá de la producción agrícola: agua virtual y el papel del comercio

En países en los que la escasez de agua es limitante para la consecución de la autosuficiencia respecto a los alimentos y otros productos agrícolas, han de hacerse elecciones estratégicas sobre las políticas de seguridad alimentaria nacional y el papel del comercio agrícola.

El concepto de 'agua virtual' se creó en los años noventa (Allan, 2001; Hoekstra y Chapagain, 2007) para desarrollar el vínculo entre comercio internacional y políticas hídricas. El agua virtual es el agua usada para producir un producto: cuando estos productos se comercializan, el agua virtual también cambia de manos. La estrategia de desarrollo económico de Chile, por ejemplo, se basa en la exportación de agua virtual a través de cobre, fruta, pulpa de madera, vino y salmón<sup>16</sup>. Si un país no tiene agua suficiente para producir lo que necesita para la seguridad alimentaria nacional, puede ser económicamente racional importarlo, a cambio de bienes y productos que necesiten menos agua. También se puede mantener como posible opción la compra de alimentos en el mercado global en momentos de escasez local, siempre que el país tenga reservas suficientes de divisas y otros medios de acceso al comercio internacional. Se debe observar que en países grandes, como China, con variaciones climáticas extremas entre regiones, el concepto de agua virtual también se puede aplicar al comercio interior<sup>17</sup>.

El concepto de agua virtual presenta ciertos inconvenientes técnicos, como el hecho de que no distingue entre cultivos de secano (donde el agua está intrínsecamente ligada al suelo y por lo tanto es 'gratis') y de regadío, donde el agua definitivamente tiene un coste. En el caso de la carne, ha de contemplarse que los animales que pastan libremente son eficientes recolectores de agua 'virtual': en zonas áridas, el pasto que ingieren crece gracias a precipitaciones que normalmente no tendrían ningún otro uso.

Aunque no se exprese en términos hidro-céntricos, el comercio de alimentos y el agua virtual asociada a él son una realidad que aumentará según haya más países que alcancen niveles de escasez absoluta de agua. No obstante, según algunos estudios empíricos, la práctica del concepto de agua virtual no parece estar muy extendida. En sentido econométrico, el agua virtual no dice mucho del comercio internacional. Esto no impugna el principio básico, pero sugiere que hay otros factores que predominan más a la hora de determinar la composición del comercio internacional. Los subsidios, la escasez de divisas, la resistencia a depender del suministro exterior, y la presencia de otras poderosas fuerzas domésticas explican las limitaciones del concepto de agua virtual como herramienta operativa (Fraiture *et al.*, 2004; Fraiture y Wichelns, 2010). En los últimos tiempos, una preocupación especial para las naciones es la necesidad de mantener un cierto nivel de soberanía alimentaria. La fluctuación de los precios de los alimentos básicos, y su impacto sobre la población, especialmente en países en desarrollo, lleva a los responsables políticos a revisar su política alimentaria para aumentar la autosuficiencia. En lugares en los que el agua es escasa, esta consideración afecta a la política hídrica y añade una dimensión política y social a la base racional exclusivamente económica del concepto de agua virtual.

16 Información presentada por Chile en la Consulta de expertos.

17 Información presentada por China en la Consulta de expertos.

## 6.4 PROBLEMAS DE ESCALA E INTERDEPENDENCIA DE LAS OPCIONES DE RESPUESTA

No todas las opciones de respuesta son válidas a cualquier escala. La Tabla 6 muestra como las distintas opciones se aplican de forma diferente a nivel de cuenca hidrográfica, sistema de riego y finca, y más allá de los límites de la finca. Esta tabla permite concentrarse en las partes implicadas en el desarrollo de estrategias para afrontar la escasez de agua, y en la necesidad de ajustar los programas a las necesidades de estas diferentes partes. También subraya la interdependencia de las opciones. En especial, las opciones a nivel de finca, que pretenden reducir las pérdidas de agua dentro de la misma o aumentar su productividad, dependen de la calidad y fiabilidad del servicio de distribución de agua, que a su vez depende del tipo de equipo e infraestructura de riego y eventualmente, de la gestión del agua a nivel de cuenca fluvial. Según el agua fluye de los ríos a los canales y a los campos de los agricultores, lo mismo sucede con la capacidad para controlarla y no se pueden esperar mejoras significativas a nivel de finca sin mejoras a niveles más altos.

## 6.5 LA CURVA DE COSTE DEL SUMINISTRO DE ALIMENTOS COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES

Las secciones anteriores han presentado las opciones con las que cuentan los responsables de la toma de decisiones para tratar la seguridad alimentaria en un contexto de escasez de agua. Las cuestiones de mejora del suministro frente a gestión de la demanda son de especial importancia, así como el peso relativo de la producción de secano y de regadío para la satisfacción de la demanda futura de alimentos y otros productos agrícolas. El agua desempeña un papel central en estas discusiones, como factor de producción principal para los sistemas de regadío (y de secano) y como recurso por el que compiten otros sectores.

### Aplicación de la curva de coste a las estrategias de suministro de alimentos

El papel del agua en las estrategias de seguridad alimentaria nacional debe examinarse críticamente para asegurar que todos los recursos se manejan de forma eficiente y sostenible. El concepto de “curva de coste del suministro de alimentos” es una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones en este campo. Aporta información sobre como un país puede reducir brechas en el suministro de alimentos de forma rentable. Las brechas en el suministro de alimentos se pueden definir como la diferencia entre el nivel actual de suministro de alimentos y el nivel deseado o planificado para el futuro, teniendo en cuenta el crecimiento de la población y los cambios en la dieta (el concepto se puede extender a los productos agrícolas no alimenticios).

El suministro de alimentos doméstico a nivel nacional se puede representar con la siguiente ecuación:

$$SA = PA + I - E - P$$

donde SA = suministro de alimentos; PA = producción de alimentos; I = importaciones; E = exportaciones; y P = pérdidas en la cadena alimenticia.

La evaluación y proyección completa de la demanda de alimentos requiere que la demanda se reparta entre los principales productos alimenticios, incluyendo carne, pescado y productos lácteos. En este informe, nos centramos en los principales cultivos alimenticios (considerando que la demanda de carne y productos lácteos se puede expresar como materia prima y por tanto en términos de cultivos). Solo hay tres posibles fuentes de crecimiento para la producción agrícola futura (Bruinsma, 2009): aumento del rendimiento; aumento de la intensidad de cultivo; y expansión de las áreas cultivadas. Por lo tanto, el aumento de la producción agrícola

se puede expresar en función de estas tres posibles fuentes. Puesto que las opciones y los costes de la gestión, mejora y expansión de la tierra cultivada en secano y en regadío son diferentes, es importante considerar estas opciones por separado, y dado que las tres fuentes de crecimiento se pueden aplicar tanto a la agricultura de secano como a la de regadío, en total hay seis variables sobre las que se puede influir para alcanzar un determinado nivel de producción agrícola. Añadiendo a estas un elemento de reducción de pérdidas en la cadena alimenticia y el comercio

TABLA 6  
Escala de aplicación de las distintas opciones de respuesta

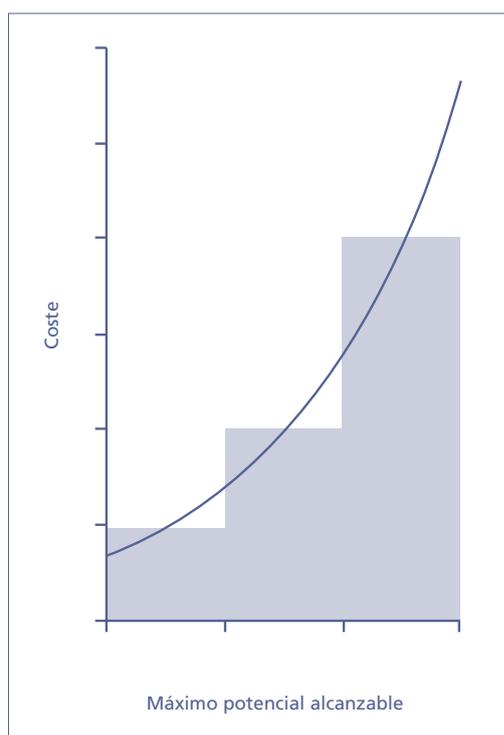
	Medida	Cuenca fluvial/acuífero	Sistema de riego	Finca/parcela	Más allá de la producción
Opciones de suministro	Reducir la variabilidad interanual del caudal de los ríos	Aumentar almacenamiento (presas multiusos)	Almacenamiento de agua en el sistema	Conservación de agua en la finca	-
	Aumentar la capacidad de suministro de agua subterránea	Aprovechamiento de agua subterránea, gestión y recarga artificial			-
	Reutilización y reciclaje de agua	-	Reutilización de aguas residuales urbanas para la producción de cultivos		-
	Control de la contaminación	Seguimiento a nivel de cuenca, regulación e incentivos para el control de la contaminación	-	Producción y protección integrada de cultivos	-
	Importar agua	Trasvases entre cuencas	-	-	-
Opciones de demanda	Reducir pérdidas de agua	Mejor planificación de la asignación de agua	Transporte presurizado de agua, mejores calendarios de riego y distribución y revestimiento de canales	Aplicación presurizada de agua (goteo), mejores calendarios de riego y control de la humedad	-
	Aumentar la productividad hídrica	Mejores mecanismos de gestión del agua, mayor predictibilidad del servicio, alertas tempranas	Mejor servicio de suministro de agua para riego	Reducir brechas de rendimiento con prácticas agrícolas mejoradas	-
	Re-asignación de agua	Transferencia intersectorial (mediante mercados de agua u otros mecanismos de asignación)	Mecanismos de transferencia de agua a nivel de sistema de riego	Transición a cultivos de más valor en regadío, limitación del área cultivada en regadío	-
	Reducir pérdidas en la cadena de valor	-	-	Reducir pérdidas de cultivos mediante control de plagas	Reducir pérdidas post-cosecha en almacenamiento, procesado, distribución y consumo final
	Reducir la demanda de productos y servicios de regadío	-	-	Reducir las brechas de rendimiento de la agricultura de secano	-
	Reducir el uso de agua per cápita	-	-	-	Cambios en los patrones de consumo de alimentos (dietas que requieran menos agua)

de alimentos (importaciones o exportaciones), los responsables de la toma de decisiones tienen en total ocho opciones que pueden combinar para alcanzar sus objetivos de suministro doméstico de alimentos.

Para cada una de estas opciones (excluyendo el comercio), se puede calcular la contribución potencial al objetivo de suministro doméstico de alimentos, basándose en el máximo rendimiento que se puede obtener para los cultivos principales, la disponibilidad de tierra y recursos hídricos, y la reducción potencial de pérdidas de alimentos. Normalmente, cada una de estas opciones tendrá una distribución exponencial del coste con una forma como la de la que se muestra en la Figura 5.

Esta distribución del coste refleja el hecho de que los primeros incrementos son más fáciles y por lo tanto menos costosos de conseguir, que los que están más cerca del potencial máximo. Por ejemplo, si se considera la agricultura de secano, con bajos insumos y bajos rendimientos, es relativamente fácil aumentar los rendimientos implementando medidas como el control de malas hierbas, una mejor gestión de la fertilidad del suelo y mejores semillas. Aumentar aun más los rendimientos será cada vez más difícil y costoso, con medidas como desarrollar mejores condiciones de mercado o invertir en investigación y extensión agraria. Para aumentar los rendimientos todavía más, serán necesarias medidas caras como la mecanización total para hacer agricultura de precisión. Esto vale tanto para el aumento del rendimiento, como para la expansión de la superficie de cultivo y del suministro del agua de riego, o la reducción de pérdidas en la cadena alimentaria. En el gráfico de la Figura 5, se simplifica la curva de coste y se representa en tres bloques de costes crecientes. Este es también el caso de la importación de alimentos, puesto que el coste de los alimentos en el mercado internacional depende de la capacidad de un país de predecir sus necesidades de alimentos, y los ajustes de último minuto suelen ser más caros que los acuerdos tempranos.

**FIGURA 5**  
**Curva de coste típica para una determinada opción de respuesta**

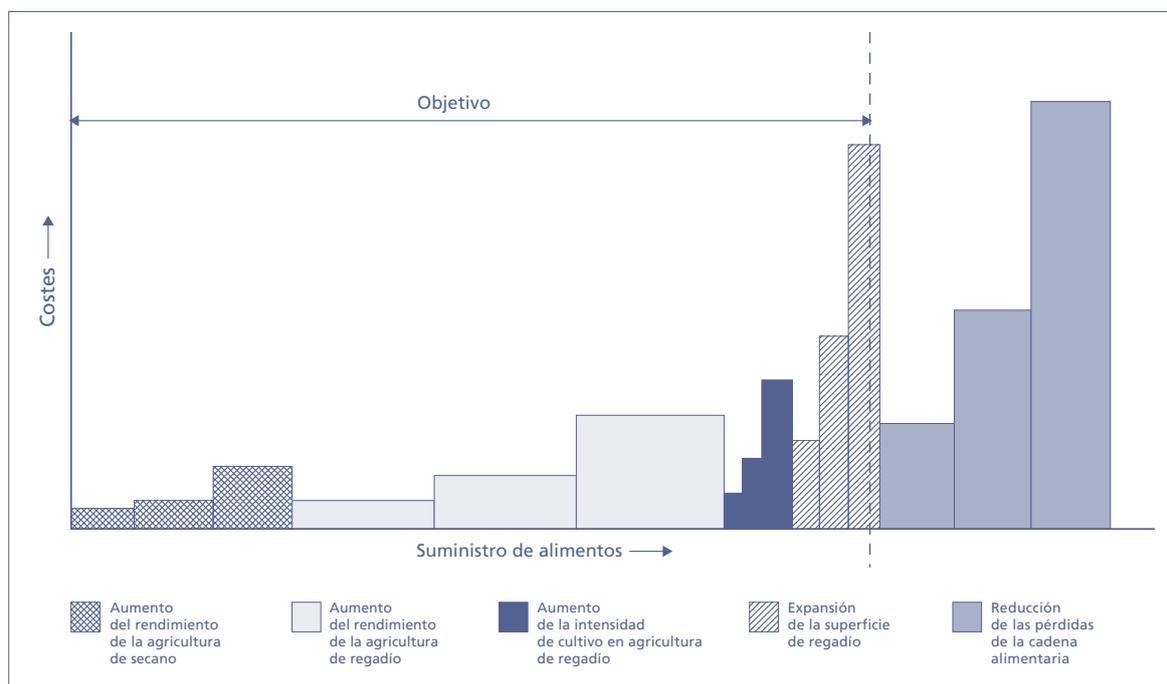


En la “curva de coste de suministro de alimentos”, el eje horizontal representa la cantidad extra de alimentos que se puede obtener a partir de estas diferentes opciones, y el vertical, los costes de cada opción. Cada país tendrá su propia curva, basada en el nivel actual de intensificación, disponibilidad de tierra y agua, y nivel de pérdidas en la cadena alimentaria. La Figura 6 es un ejemplo de un país que se esfuerza por alcanzar la autosuficiencia sin más tierra disponible para la agricultura de secano.

Las fuentes de crecimiento de la producción de alimentos de la Figura 6 son: aumento del rendimiento de la agricultura de secano y de regadío; mayor intensidad de cultivo en la agricultura de regadío; expansión de la superficie de regadío (a partir de tierras que antes eran de secano – un típico patrón de intensificación); y reducción de las pérdidas de la cadena alimentaria. Los costes de la implementación de los aumentos en el suministro de alimentos de cada una de estas categorías no son uniformes, como indica la altura de las barras. Para cada una de las categorías, se tendrán que identificar medidas específicas que se puedan tomar para aumentar el suministro doméstico de alimentos. En la categoría “expansión de la superficie de regadío”, se podría pensar en expandir los sistemas de riego existentes como una primera medida relativamente barata, el aumento del uso de agua subterránea para el riego se podría contemplar

FIGURA 6

Opciones disponibles para aumentar el suministro de alimentos y sus costes correspondientes a nivel nacional – caso de un país en el que toda la tierra está en uso y no se prevé ninguna expansión



como medida intermedia, mientras que las medidas más caras serían la construcción de más embalses o el trasvase entre cuencas, y el desarrollo de más regadíos en áreas poco adecuadas. Del mismo modo, parte de las pérdidas post-cosecha de los países en desarrollo se pueden reducir con medidas relativamente fáciles de implementar, como mejores técnicas de cosecha o un mejor almacenamiento de los alimentos en la finca y en la comunidad. Algunas medidas más exigentes pueden ser un mejor acceso a los mercados y a información sobre los mismos; mejores infraestructuras para un mejor transporte; y mejores tecnologías de almacenamiento, procesado y envasado. La curva del coste del suministro de alimentos se obtiene clasificando las opciones según el nivel creciente de coste. La Figura 7 muestra la combinación de opciones más rentable que se necesitaría para cubrir una determinada brecha en el suministro.

Las opciones disponibles en cada categoría son diferentes según el país, al igual que los costes correspondientes. Las medidas que se podrían tomar en la parte derecha del gráfico son las más caras, y posiblemente se podrían evitar si se importaran alimentos. Esto se puede ver más claramente en la Figura 8, un ejemplo de curva de suministro de alimentos de un país en el que los recursos no son suficientes para cubrir las necesidades domésticas.

El país de la Figura 8 solo puede producir alimentos mediante agricultura de regadío. La agricultura ya es intensiva y no hay posibilidad de aumentar la intensidad de los cultivos. Las fuentes de crecimiento para incrementar la producción son el aumento de los rendimientos y quizá la expansión de la superficie de regadío. El gráfico muestra que es imposible que este país alcance la autosuficiencia en el suministro doméstico de alimentos. Se puede ahorrar algo en el suministro de alimentos reduciendo las pérdidas de la cadena alimentaria, pero muchas de las opciones de esta categoría a menudo se consideran demasiado caras. El gráfico muestra que parte de la brecha del suministro de alimentos tendrá que salvarse con importaciones del mercado internacional. En muchos casos, el coste de los alimentos en el mercado internacional es inferior a las opciones más caras de suministro nacional de alimentos, y esto tendrá que negociarse internamente, teniendo en mente consideraciones políticas más generales sobre la soberanía alimentaria y la seguridad alimentaria nacional.

FIGURA 7

Curva de coste del suministro de alimentos – caso de un país en el que toda la tierra está en uso

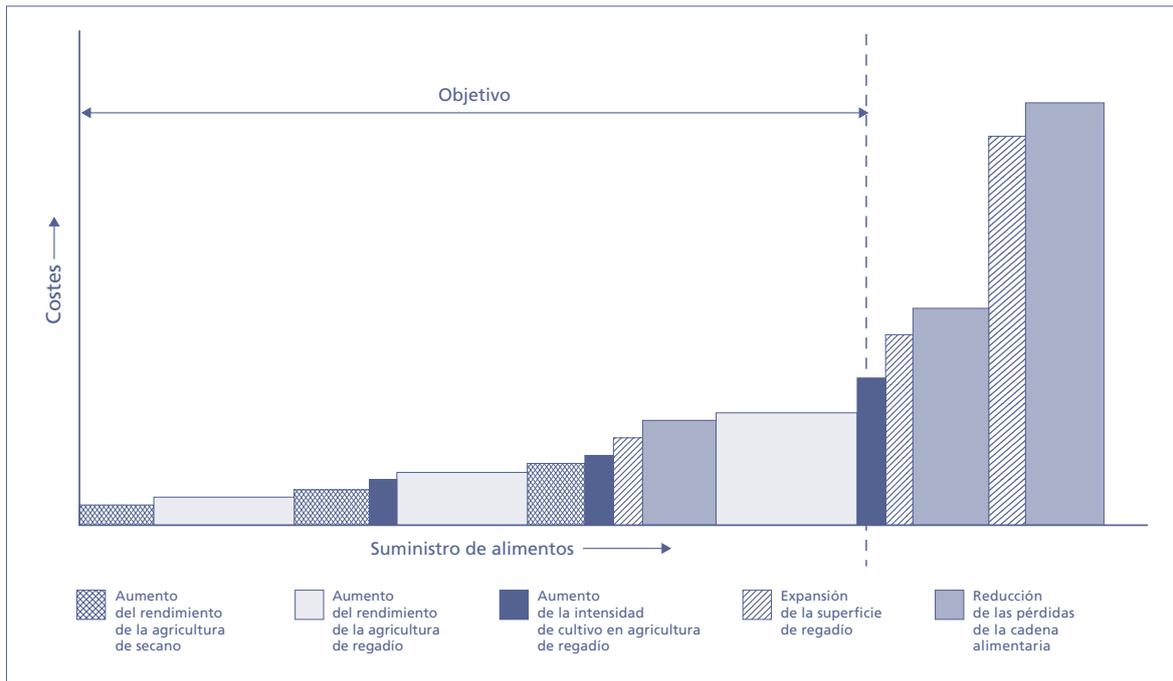
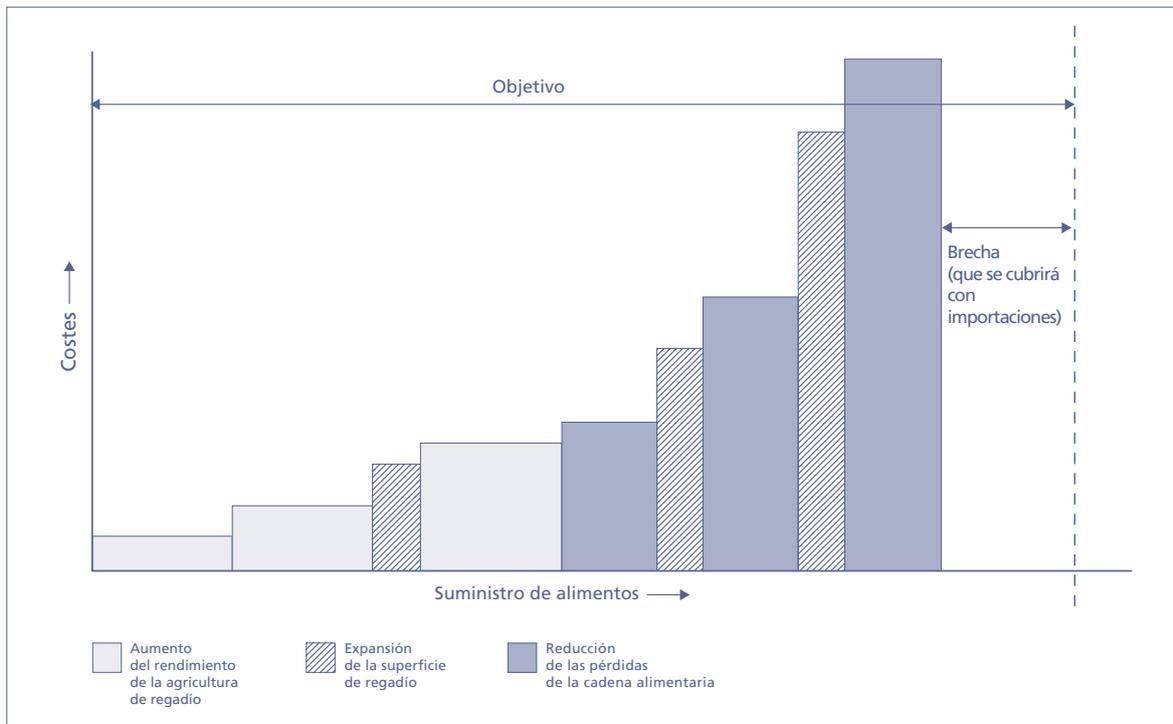


FIGURA 8

Ejemplo de curva de coste del suministro de alimentos – caso de un país con escasez de recursos y déficit alimentario



## Cálculo de la curva de coste del suministro de alimentos

La curva de coste descrita anteriormente es un método sencillo pero muy valioso para identificar y clasificar las opciones de producción de alimentos en condiciones de escasez de agua. Parte de la complejidad reside en el establecimiento de curvas de coste individuales para cada una de las diferentes opciones y requiere un buen conocimiento de las condiciones agronómicas, hidrológicas y socio-económicas en las que las mejoras se realizarán.

El aumento del rendimiento, por ejemplo, será en la mayoría de los casos el resultado de una combinación de mejoras agronómicas y económicas, que en la práctica no se pueden considerar por separado. Aunque siempre suele haber un factor limitante general, es la combinación de buenas prácticas agrícolas, más que cualquiera de esas prácticas consideradas por separado, la que contribuirá al aumento del rendimiento.

Otro aspecto importante en el establecimiento de la curva de coste es el nivel de incertidumbre asociado a la producción en condiciones de secano y de regadío. La incertidumbre es normalmente mayor en la agricultura de secano que en la de regadío, ya que se depende exclusivamente de la lluvia para el suministro hídrico, con variaciones entre países o dentro de los propios países según las características climáticas existentes. Este riesgo de la producción debe quedar capturado en la curva de coste, y tiene un papel importante en el proceso de toma de decisiones.

Lo mismo ocurre con la importación de alimentos, y el riesgo asociado a la volatilidad de precios del mercado internacional. Este riesgo se puede reducir aumentando el almacenamiento de suministros, firmando contratos exclusivos a largo plazo para producir alimentos fuera del país, o cerrando acuerdos tempranos en el mercado global. La rentabilidad de estas opciones se puede analizar con la curva de coste del suministro de alimentos.

Finalmente, la curva de coste se puede someter a distintos niveles de refinamiento que afectarán a la toma de decisiones. El coste de una determinada opción se puede considerar en términos exclusivamente económicos, pero también se puede ampliar para incluir aspectos ambientales, sociales y políticos necesarios para tomar decisiones informadas.



## 7. Principios para la acción

La Sección 7 describe las opciones con las que los distintos responsables de la toma de decisiones cuentan para afrontar el desafío de la escasez de agua y el papel de la agricultura. La elección de opciones y su potencial relativo dependerá de una serie de condiciones, como los factores agroclimáticos locales, los niveles de escasez de agua, el papel de la agricultura en la economía nacional y los valores sociales, entre otros. También dependerá de factores externos, como el entorno del comercio global y de la cooperación, y las perspectivas del cambio climático. Además, en vista de los rápidos cambios acontecidos en el terreno geopolítico, social y ambiental, la que se podría considerar una opción óptima hoy, quizá ya no sea válida mañana. No es posible por lo tanto diseñar un plan de acción, y es improbable que un único conjunto de opciones pueda designarse como la solución ‘óptima’, ni ninguna opción en concreto se puede considerar deseable – o posible – en todos los contextos.

Queda, sin embargo, claro que ‘no hacer nada’ produce degradación ambiental, uso sub-óptimo de recursos escasos, desigualdades en el acceso a dichos recursos, y costes para la economía y el bienestar social, que pueden llevar a conflictos a todos los niveles, desde la finca hasta la cuenca fluvial internacional.

Puesto que las soluciones estratégicas a la escasez de agua son específicas para cada caso, esta última sección propone algunos principios generales que son válidos en distintos escenarios socio-económicos. Se han desarrollado seis principios básicos que se exponen a continuación. En su conjunto, representan el punto de partida necesario para cualquier estrategia efectiva, eficiente y sostenible para afrontar la escasez de agua en la agricultura.

### 7.1 CONOCIMIENTO: BASAR LAS ESTRATEGIAS EN UN BUEN ENTENDIMIENTO DE LAS CAUSAS Y EFECTOS DE LA ESCASEZ DE AGUA

Las estrategias para afrontar la escasez de agua se deben fundar en un buen conocimiento de las causas de la escasez, tanto a nivel nacional como local. Se debería empezar con una contabilidad detallada del suministro y la demanda de agua, que constituirá la base para identificar, adaptar y desarrollar las estrategias. La contabilidad debería mostrar que hay un límite para la cantidad de agua que se puede explotar y que puede haber múltiples causas de escasez (tanto en el lado de la demanda como en el del suministro), que varían en el tiempo y en el espacio. También es importante entender los vínculos entre los distintos sectores de la economía, ya que es posible que las principales causas de la escasez de agua queden fuera del dominio hídrico (como políticas económicas o agrícolas que fomentan el uso insostenible de los recursos hídricos). Por lo tanto, es importante basar las estrategias en la mejor evidencia posible y no guiarse únicamente por los rumores o la intuición (aunque estos puedan aportar información útil).

En la Sección 5, se ha subrayado la importancia de entender el ciclo hidrológico a la hora de diseñar políticas hídricas. La interrelación entre agua superficial y subterránea, entre captaciones situadas aguas arriba y aguas abajo, entre calidad y volúmenes, y la importancia de la reutilización del agua en la cuenca hidrográfica – todos estos factores influyen en la efectividad de las acciones propuestas. La contabilidad del agua aporta una sólida base para el desarrollo de estrategias basadas en la evidencia, y para su adaptación, según aparezcan nuevas evidencias. No entender las repercusiones hidrológicas de las acciones propuestas puede provocar consecuencias imprevistas, y es posible que estrategias bien intencionadas, pero mal informadas, acaben

teniendo efectos perjudiciales sobre la forma en que se distribuye el agua en la cuenca hídrica, sin que se obtenga el ahorro esperado.

La planificación integrada es una oportunidad para gestionar mejor la demanda de agua. Cuando el agua es escasa, se debe prestar especial atención a las posibilidades de reutilización de usos recuperables que no agoten los recursos, en cada fase de la planificación, diseñando e implementando planes multiusos de suministro y uso del agua (ONU-Agua, 2009).

## **7.2 IMPACTOS: EVALUAR TODOS LOS COSTES Y BENEFICIOS Y USAR CRITERIOS DE DECISIÓN SISTEMÁTICOS E INTEGRALES**

Los criterios de costos-beneficios y costo-eficiencia tienen un papel crucial en la elección de opciones, junto con otros criterios como la igualdad, el impacto ambiental y otros valores sociales colectivos. No obstante, es difícil que el análisis costos-beneficios (ACB) recoja completamente y con precisión todos los posibles impactos de un proyecto hídrico sobre las personas o el medio ambiente, y ha habido una tendencia a sobrestimar los beneficios netos, especialmente para las grandes infraestructuras. Según Molle (2003), la técnica de análisis de costos-beneficios es maleable y no ha demostrado ser suficiente por sí sola para obtener una mejor planificación.

El análisis costo-efectividad (ACE) puede parecer más simple, en la medida en que no es necesario estimar los beneficios directamente. Pero el ACE es también multidimensional, y los parámetros de un caso determinado pueden cambiar con el tiempo según evolucione nuestro entendimiento de los procesos y valores sociales y medioambientales y el distinto desarrollo económico de los distintos sectores. Una opción que era válida hace 20 años en un lugar determinado, puede no serlo en la actualidad. La creciente preocupación y el mayor conocimiento sobre la construcción de presas es un buen ejemplo de lo anterior (Comisión Mundial de Presas, 2000).

Las opciones de gestión del suministro y la demanda vienen acompañadas de costes y beneficios que tienen una distribución social y espacial distinta. La distribución de los beneficios entre intereses privados y públicos dependerá del contexto de gobernanza, así como del proceso de toma de decisiones y de su transparencia y fiabilidad intrínsecas. Estos puntos se retoman en la siguiente sección.

En lo que respecta al suministro de alimentos, la curva de coste presentada en la Sección 6 representa una opción válida para el análisis de la rentabilidad, siempre que se tenga en cuenta la interdependencia e interconexión de las opciones y se sustente con una revisión detallada de las implicaciones relacionadas con el agua de las opciones viables. Es una forma útil de clasificar las intervenciones según su rentabilidad y evaluar el coste de distintas combinaciones de opciones.

## **7.3 CAPACIDAD: ASEGURAR EL NIVEL ADECUADO DE GOBERNANZA DEL AGUA Y DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL**

Según la mejora del suministro alcanza su límite en más y más regiones, las opciones de gestión de la demanda toman mayor importancia para afrontar la escasez de agua, lo que exige instituciones más fuertes y más eficaces. La escasez de agua también provocará tensiones entre los usuarios, lo que probablemente tendrá consecuencias negativas para grupos sociales marginales y políticamente débiles y para el medio ambiente. Se necesitan instituciones fuertes que garanticen una distribución igualitaria de beneficios entre las distintas categorías de usuarios del agua.

El crecimiento de estas instituciones es todavía un gran reto (Pritchett, Woolcock y Andrews, 2010). Una distribución más 'contextualizada' de funciones y responsabilidades; el fortalecimiento de las instituciones locales, incluyendo los grupos de usuarios; la revisión de las políticas; la

adaptación de las leyes; y el empleo de mecanismos incentivadores como subsidios e impuestos – son todos elementos importantes (Rogers y Hall, 2003), pero la aplicación de modelos universales o panaceas parece haber tenido muy poco impacto (Meinzen-Dick, 2007; Merry y Cook, 2012). Se debería plantear la pregunta de ¿por qué las burocracias disfuncionales o los grupos de interés querrían reformarse? La corrupción, la falta de transparencia, y la falta de responsabilidad son razones que explican el pobre desempeño, la resistencia al cambio y el suministro desigual de servicios. En realidad, los cambios efectivos suelen producirse por factores externos a las propias instituciones, como cambios políticos de envergadura en los niveles más altos, o por la movilización de la sociedad civil (y la democratización de la sociedad en general), más que por reformas internas solamente.

Las estrategias de gestión existentes pueden dejar de ser viables con el cambio de la naturaleza o la severidad de la escasez de agua con el tiempo, o porque el contexto institucional y legal ya no se adapte a las condiciones del momento. No se puede hacer cumplir las leyes solo mediante sanciones negativas: también se necesitan incentivos positivos, así como esfuerzos para instaurar una nueva cultura de gestión del agua. Esto incluye campañas de concienciación social y programas educativos en las escuelas. También exige capacitación y formación en las burocracias de agua tradicionales y en niveles locales e intermedios de administración, en los que las instituciones suelen ser débiles y estar mal preparadas para enfrentar cambios (Mathew y Le Quesne, 2009).

La escasez de agua supone un reto especial para la gestión de grandes sistemas de riego. Será necesario definir, asignar y hacer un seguimiento de cuotas o derechos volumétricos que sean lo suficientemente flexibles para proteger el entorno social y los intereses económicos esenciales en condiciones de suministro fluctuante y creciente escasez (Hodgson, 2006). Este régimen no será fácil de establecer y precisará mediciones y un seguimiento detallado de los flujos hídricos.

Probablemente el cambio institucional conlleve una mayor colaboración a nivel de gestión entre el sector público y el privado y otros agentes. Cuando las reformas impliquen que el sector público se retire de ciertas tareas operacionales, la supervisión pública será crítica. En este contexto, la situación y el estatus precisos de los reguladores dentro de la administración es una cuestión crucial, pero la experiencia demuestra que no es fácil cambiar los patrones existentes en el poder burocrático.

La mejora de la gobernanza también tiene repercusiones financieras. Se necesitan canales realistas de financiación para cubrir los costes del ciclo de vida completo de las iniciativas y programas de escasez de agua. En muchos casos, esto supone centrarse menos en los costes de capital de la construcción y la ingeniería, y más en capacitación, en una planificación en la que participen las partes implicadas, en operación y mantenimiento, y en otros costes de apoyo institucional a largo plazo.

## **7.4 ESPECIFICIDAD SEGÚN EL CONTEXTO: ADAPTAR LA RESPUESTA A LAS CONDICIONES LOCALES**

La respuesta de un país a la escasez de agua depende en gran medida de sus condiciones físicas y socio-económicas específicas. A nivel nacional, no hay mucha correlación entre PIB y escasez de agua, pero sí hay un vínculo entre PIB y disponibilidad de opciones de respuesta. Los países más ricos tienen más opciones para adaptarse a la escasez de agua que los países pobres: la desalinización es una solución asequible para Arabia Saudí, pero no a la misma escala para países más pobres de la misma región, como Egipto o Yemen. La viabilidad de las opciones dependerá del coste de capital y mano de obra, y del papel de la agricultura en la economía. Los países pobres en los que la agricultura es un sector principal de la economía tienen menos oportunidades que otros para afrontar la escasez de agua sin que haya importantes repercusiones para la economía y los medios de vida de la población.

Hay muchas diferencias entre regiones y países en cuanto a la explotación de sus recursos hídricos. Países como Irak y Uzbekistán extraen mucha más agua por persona que otros países que también tienen escasez de agua. En estos países, las políticas se deberían centrar mucho más en la gestión de la demanda, comparado con países con niveles más bajos de escasez de agua. En conclusión, las opciones para tratar la escasez de agua varían de acuerdo con las circunstancias económicas y físicas.

## 7.5 COHERENCIA POLÍTICA: COORDINACIÓN ENTRE POLÍTICAS HÍDRICAS, AGRÍCOLAS Y DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

Las medidas políticas, legislativas y fiscales tienen un gran peso en lo que sucede a nivel local y de distrito, sobre todo en la fijación de límites en la participación de las partes implicadas en la toma de decisiones, y en articular con claridad sus funciones y responsabilidades (Moriarty *et al.*, 2008). Es fundamental que haya una buena coordinación entre las muchas políticas, legislaciones y medidas fiscales que afectan a la gestión, el servicio de suministro y el nivel de demanda de agua. Las decisiones que se toman fuera del dominio hídrico, como las relativas a los precios de la energía, acuerdos comerciales, subsidios agrícolas y estrategias para reducir la pobreza, a menudo tienen un fuerte impacto sobre la demanda y el suministro de agua, y por tanto sobre la escasez.

La agricultura y la seguridad alimentaria están estrechamente vinculadas al agua, y por lo tanto las políticas en estos campos deben estar coordinadas. En tiempos de crisis, y con mercados volátiles, la preocupación por la seguridad alimentaria de la población pasa a primer plano para los responsables nacionales. Las autoridades hídricas deberían dejar de ver el agua como un 'compartimento' y participar de forma más proactiva con otros sectores económicos para que las estrategias para afrontar la escasez de agua sean coherentes con decisiones clave tomadas en otros campos (ONU-Agua, 2009). Este diálogo inter-sectorial es esencial para 'hacer operativo' el concepto de Gestión integrada de los recursos hídricos.

## 7.6 PREPARACIÓN: ANTICIPAR CAMBIOS MEDIANTE UNA TOMA DE DECISIONES SÓLIDA Y UNA GESTIÓN ADAPTATIVA

Los factores determinantes del cambio del agua están acelerando, forzando la toma de decisiones en condiciones de creciente incertidumbre. Uno de esos factores – el cambio climático – produce fenómenos extremos con mayor frecuencia e intensidad, lo que exige una mayor resistencia de las personas y de la sociedad. Ahora, la principal preocupación es que es posible que se esté alcanzado el límite del margen para hacer cambios positivos con las estrategias de afrontamiento porque los cambios en el suministro y en la demanda suceden demasiado rápido para poder adaptarse.

Existe el riesgo de que las estrategias para hacer frente a la escasez de agua fallen por causas externas que están fuera del control de los encargados de desarrollarlas y ejecutarlas. Estos factores de riesgo externos son el cambio climático, la situación económica y financiera global, y el sistema de gobernanza internacional en que los países funcionan. En este contexto, la creación de escenarios es una parte integral del desarrollo de estrategias, y es un medio de identificar, limitar y mitigar esos riesgos. Los riesgos cada vez son más difíciles de predecir. Como consecuencia, no tiene sentido intentar desarrollar estrategias óptimas, sino estrategias de adaptación y evaluación continuas.

Los profesionales del agua han desarrollado modelos efectivos para lidiar con la incertidumbre asociada a la naturaleza estocástica del clima, pero cada vez encuentran más dificultades para planificar y gestionar el agua en condiciones de creciente incertidumbre sobre el suministro y la demanda. Los conceptos de toma de decisiones sólida (Groves, 2006) y gestión adaptativa están

dando la vuelta a muchas discusiones sobre la gestión del agua al reconocer que es muy difícil predecir con confianza los patrones futuros de suministro y demanda (Moench, Caspari y Dixit, 1999). Siendo esto así, los sistemas de gestión tienen que ser flexibles, capaces de adaptarse a nuevos problemas y basarse en el aprendizaje continuo de la sociedad y las instituciones. La toma de decisiones sólida emplea mucho los escenarios para elegir las decisiones que son sólidas bajo varias alternativas futuras. La gestión adaptativa acepta que en situaciones complejas nunca se va a disponer de la información necesaria para llegar a una decisión 'óptima'. Por lo tanto, se basa en la planificación flexible, sustentada con sólidos sistemas de seguimiento y manejo de la información que permitan la adaptación constante y la mejora continua de planes y actividades. Este nivel de capacidad de respuesta solo es posible si la información y el conocimiento están al día, y si los sistemas de evaluación y seguimiento aportan continuamente a los responsables de la toma de decisiones información fiable en la que basar sus decisiones de respuesta. El marco político de adaptación (PNUD, 2004) ofrece un modelo similar dirigido específicamente a la incertidumbre derivada del cambio climático.

Mejorar la resiliencia de los usuarios del agua a impactos y a fenómenos extremos es una parte vital de una estrategia efectiva. Puesto que existe el riesgo de que aumente la frecuencia y la magnitud de los fenómenos extremos, se deberían usar modelos basados en escenarios para planificar la resistencia. En términos prácticos, una estrategia con capacidad de resiliencia es aquella que tenga el potencial de ser efectiva en la mayor variedad posible de los escenarios desarrollados durante el análisis de riesgo.

## Referencias

**2030 Water Resources Group.** 2009. Charting our water future. Economic framework to inform decision-making. Mc Kinsey & Company. 185 p.

**Abrams, L.** 2009. Water scarcity. [www.africanwater.org/drought\\_water\\_scarcity.htm](http://www.africanwater.org/drought_water_scarcity.htm) Accessed 4 July 2004.

**AIT [Asian Institute of Technology].** 2009. Water saving irrigation practices in rice-based canal systems. Findings from a Regional Workshop organized in cooperation with the University of Copenhagen, 8–9 October 2009, Bangkok, Thailand.

**Allan, J.A.** 2001. *The Middle East Water Question: Hydropolitics and the Global Economy*. I B Tauris, London, UK.

**APFAMGS [Andhra Pradesh Farmer Managed Groundwater System Project].** 2009. Nationally Executed Partnership project between BIRDS and FAO. See <http://www.fao.org/nr/water/apfarms/index.htm> Accessed 10 July 2012.

**Aylward, B., Seely, H., Hartwell, R. & Dengel, J.** 2010. The economic value of water for agricultural, domestic and industrial uses: a global compilation of economic studies and market prices. Report prepared for FAO. 31 May 2010. Available at [http://www.ecosystemeconomics.com/Resources\\_files/Aylward%20et%20al%20\(2010\)%20Value%20of%20Water.pdf](http://www.ecosystemeconomics.com/Resources_files/Aylward%20et%20al%20(2010)%20Value%20of%20Water.pdf) Accessed 10 July 2012.

**Batchelor, C.H., Rama Mohan Rao, M.S. & Monahar Rao, S.** 2003. Watershed development: A solution to water shortages in semi-arid India or part of the problem? *Land Use & Water Resources Research*, 3: 1–10.

**Bastiaanssen, W.G.M.** 2009. Water accounts: de nieuwe generatie waterbeheercontroleurs. Intreerede Technische Universiteit Delft. (in Dutch).

**Brisbane Declaration.** 2007. Proclaimed at the 10th International River Symposium and International Environmental Flows Conference, held in Brisbane, Australia, 3–6 September 2007.

**Brooks, D.B., Rached, E. & Saade, M.** 1997. Management of water demand in Africa and the Middle East. Current Practices and Future Needs. IDRC.

**Bruinsma, J.** 2009. *The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?* Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. FAO. Available at <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e06.pdf> Accessed 10 July 2012.

**CA [Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture].** 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management In Agriculture*. Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

**Chapagain, A.K. & Hoekstra, A.Y.** 2004. *Water footprints of nations*. Volume 1. Main Report. UNESCO-IHE.

**COMMAN.** 2005. *Managing groundwater resources in rural India: the community and beyond*. BGS Commissioned Report CR/05/36N. ODI, London, UK. Available at <http://www.odi.org.uk/resources/details.asp?id=3059&title=ground-water-resources-rural-india-community> Accessed 4 July 2012.

**Falkenmark, M.** 1984. New ecological approach to the water cycle: ticket to the future. *AMBIO*, 13(3): 152–160.

**Falkenmark, M. & Widstrand, C.** 1992. Population and Water Resources: A delicate balance. *Population Bulletin*. Population Reference Bureau, Washington, USA.

**Falkenmark, M.** 1989. The massive water scarcity threatening Africa – why isn't it being addressed? *Ambio*, 18(2): 112–118.

**FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations].** 1997. Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options. *Water Report 12*. FAO/RAP Publication 1997/22. Bangkok, Thailand.

**FAO.** 2003. Re-thinking the approach to groundwater and food security. *FAO Water Reports*, no. 24.

**FAO.** 2004. Water charging in irrigated agriculture. An analysis of international experience. Prepared by G. Cornish, B. Bosworth, C. Perry and J. Burke. *FAO Water Reports*, no. 28.

**FAO.** 2006a. *World agriculture: towards 2030/2050*. Interim report. FAO, Rome, Italy.

**FAO.** 2006b. *Water desalination for agricultural applications*. Prepared by J. Martínez Beltrán and S. Koo-Oshima. *FAO Land and Water Discussion Paper*, no. 5.

**FAO.** 2007. Modernizing irrigation management – the MASSCOTE approach: Mapping System and Services for Canal Operation Techniques. Prepared by Renault, D., Facon, T. & Wahaj, R. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No 63.

**FAO.** 2008. Expert meeting on Climate change, water and food security. 26–28 February 2008. Contribution to the High Level Conference on World Food Security and the Challenge of Climate Change and Bio-energy on Water and Climate Change.

**FAO.** 2010: The Wealth of Waste. The economics of wastewater use in agriculture. Prepared by J. Winpenny, I. Heinz and S. Koo-Oshima. *FAO Water Reports*, no. 35.

**FAO.** 2011a. Climate change, water and food security. Prepared by H. Turrall, J. Burke and J.-M. Faurès. *FAO Water Reports*, no. 36.

**FAO.** 2011b. Global food losses and food waste; extend causes and prevention. Study conducted for the International Congress "Save Food!" at Interpack2011, Düsseldorf, Germany.

**FAO.** 2012. Crop yield response to water. Prepared by P. Steduto, T.C. Hsiao, E. Fereres and D. Raes. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, no. 66. 500 p.

**FAO-AQUASTAT.** 2012. FAO Global information system on water and agriculture. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/index.stm>

**Faurès, J.-M. & Santini, G.** 2008. Water and the rural poor: interventions for improving livelihoods in sub-Saharan Africa. FAO/IFAD.

**Faurès, J.-M., Svendsen, M. & Turrall, H.** 2007. Re-inventing irrigation. *In: D. Molden (editor). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

**Fraiture, C. de, & Wichelns, D.** 2010. Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural Water Management*, 97: 502–511.

**Fraiture, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M. & Molden, D.** 2004. Does cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use. Comprehensive Assessment Research Report no. 4. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

**Frederiksen, H.D.** 2009. The world water crisis and international security. *Middle East Policy*, 16(4): 76–89.

**Frederiksen, H.D. & Allen, R.G.** 2011. A common basis for analysis, evaluation and comparison of offstream water uses. *Water International*, 36(3): 266–282.

**Gleick, P.H., Christian-Smith, J. & Cooley, H.** 2011. Water-use efficiency and productivity: re-thinking the basin approach. *Water International*, 36(7): 784–798.

**Groves, D.G.** 2006. New Methods for Identifying Robust Long-Term Water Resources Management Strategies for California. Pardee RAND Graduate School (PRGS) Dissertation Series, Santa Monica, CA, USA.

**GWP [Global Water partnership].** 2000. Integrated water resources management. TAC Background Paper, No. 4. Technical Advisory Committee. Stockholm, Global Water Partnership. 67 p. Available at [http://www.gwp.org/Global/GWP-CACENA\\_Files/en/pdf/tec04.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CACENA_Files/en/pdf/tec04.pdf) Accessed 4 July 2012.

**GWP.** 2009. Dublin statements and principles.

**Hodgson, S.** 2006. Modern water rights: theory and practice. *FAO Legislative Study* No. 92.

**Hoekstra, A.Y. & Chapagain, A.K.** 2007. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21(1): 35–48.

**Hsiao, T.C., Steduto, P. and Fereres, E.** 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*, 25(3): 209–231.

**IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change].** 2007. Fourth Assessment Report. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland. <http://www.ipcc.ch/>.

**IPCC.** 2008. Climate Change and Water. Edited by B.C. Bates, Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof. IPCC Technical Paper VI. IPCC Secretariat, Geneva. 210 p.

**Keller, J.** 2000. Re-engineering irrigation to meet growing freshwater demands. pp. 21–39, *in: Proceedings of the 4th decennial symposium of the American Society of Agricultural Engineers.* American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan, USA.

- Keller A.A. & Keller, J.** 1995. Effective efficiency: a water use efficiency concept for allocating freshwater resources. Discussion Paper No. 22. Center for Economic Policy Studies, Winrock International. 19 p.
- Keller, J., Keller, A. & Davids, G.** 1998. River basin development phases and implications of closure. *Journal of Applied Irrigation Science*, 33(2): 145–164.
- Keller A.A., Keller, J. & Seckler, D.** 1996. Integrated water resource systems; theory and policy implications. In: Research Report No. 3. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka 14 p.
- Loeve, R., Hong, L., Dong, B., G-Man, Chen, C.D., Dawe, D. & Barker, R.** 2004. Changes in long-term trends in intersectoral water allocation and crop productivity in Zhanghe and Kaifeng, China. In: R. Barker (Guest Editor). *Paddy and Water Environment*. 2(4).
- Mathew, J. & Le Quesne, T.** 2009. Adapting water management: a primer on coping with climate change. WWF Water Security Series No. 3.
- Meinzen-Dick, R.** 2007. Beyond panaceas in irrigation institutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(39): 15200–15205.
- Merry, D.J. & Cook, S.** 2012. Fostering institutional creativity at multiple levels: Towards facilitated institutional bricolage. *Water Alternatives*, 5(1): 1–19.
- Moench, M.** 2002. Water and the potential for social instability: Livelihoods, migration and the building of society. Natural Resources Forum 26. United Nations.
- Moench, M., Caspari, E. & Dixit, A.** 1999. Rethinking the mosaic: Investigations into local water management. Nepal Water Conservation Foundation, Kathmandu, Nepal.
- Molden, D.** 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Molden, D.J., El Kady, M. & Zhu, Z.** 1998. Use and productivity of Egypt's Nile water. In: J.I. Burns and S.S. Anderson (editors). *Contemporary challenges for irrigation and drainage*. Proceedings of the USCID 14th Technical Conference on Irrigation, Drainage and Flood Control, Phoenix, Arizona, USA, 3–6 June 1998. USCID, Denver, CO, USA.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. & Kijne, J.** 2010. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4 Special Issue): 528–535.
- Molden, D., Sakthivadivel, R. & Keller, J.** 2001. Hydronomic zones for developing basin water conservation strategies. Research Report No. 56. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 30 p.
- Molle, F.** 2003. Development trajectories of river basins: a conceptual framework. IWMI Research Report No. 72. Colombo, Sri Lanka.
- Molle, F.** 2008. Why enough is never enough: The societal determinants of river basin closure. *International Journal of Water Resource Development*, 24(2): 247–256.

- Molle, F. & Berkoff, J.** (editors). 2007. *Irrigation Water Pricing: the gap between theory and practice*. Produced for the Comprehensive Assessment of water management in agriculture. CABI, Wallingford, UK.
- Molle, F. & Mollinga, P.** 2003. Water poverty indicators: conceptual problems and policy issues. *Water Policy*, 5(5-6): 529–544.
- Moriarty, P.M, Butterworth, J.A. & Batchelor, C.H.** 2004. Integrated Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector. IRC Thematic Overview Paper. Available at <http://www.irc.nl/page/10431> Accessed 4 July 2012.
- Moriarty, P., Batchelor, C., Abd-Alhadi, F.T., Laban, P. & Fahmy, H.** 2008. The EMPOWERS approach to water governance: Guidelines, Methods and Tools. Available at <http://www.project.empowers.info/page/2850> Accessed 4 July 2012.
- OECD/FAO.** 2008. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France, and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at <http://www.fao.org/es/ESC/common/ecg/550/en/AgOut2017E.pdf> Accessed 4 July 2012.
- Perry, C.** 2007. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. *Irrigation and Drainage*, 56(4): 367–378.
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G. & Burt, C.M.** 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(11): 1517–1524.
- Pritchett, L., Woolcock, M. & Andrews, M.** 2010. Capability Traps? The mechanisms of persistent implementation failure. CGD Working Paper 234. Center for Global Development. Available at [http://www.cgdev.org/files/1424651\\_file\\_Pritchett\\_Capability\\_FINAL.pdf](http://www.cgdev.org/files/1424651_file_Pritchett_Capability_FINAL.pdf) Accessed 4 July 2012.
- Rao, R.M., Batchelor, CH., James, A.J., Nagaraja, R., Seeley, J. & Butterworth, J.A.** 2003. Andhra Pradesh Rural Livelihoods Programme Water Audit Report. APRLP, Rajendranagar, Hyderabad 500 030, India.
- Rockström, J., Falkenmark, M., Karlberg, L., Hoff, H., Rost, S. & Gerten, D.** 2009. Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resources Research*, 45: Article W00A12.
- Rogers, P. & Hall, A.W.** 2003. *Effective water governance*. Background Paper No. 7. Global Water Partnership.
- Seckler, D.** 1996. *The new era of water resources management: from “dry” to “wet” savings*. Research Report No. 1. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Seckler, D., Upali, A., Molden, D., de Silva, R. & Barker, R.** 1998. *World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues*. Research Report No. 19. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Shah, T., Molden, D., Sakthivadivel, R. & Seckler, D.** 2000. The global groundwater situation: overview of opportunities and challenges. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

**Shah, T., Burke, J. & Villholth, K.** 2007. Groundwater: a global assessment of scale and significance. *In: Comprehensive assessment of water management for agriculture*. Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

**Shah, T.** 2009. *Taming the anarchy: groundwater governance in South Asia*. Resources for the Future. 310 p.

**Siebert, S., Burke, J., Faurès, J-M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. & Portmann, F.T.** 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14: 1863–1880. Available at: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/14/1863/2010/hess-14-1863-2010.html> Accessed 4 July 2012.

**Steduto, P., Hsiao, T.C. & Fereres, E.** 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrigation Science*, 25(3): 189–207.

**UN [United Nations].** 2003. Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. Published in collaboration with European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development and World Bank. Statistical Office of the United Nations, Series F, No.61, Rev.1 (ST/ESA/STAT/SER.F/61/Rev.1). UN Statistics Division, New York, USA. Available at <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea2003.pdf> Accessed 4 July 2012.

**UN.** 2009. United Nations Population Information network online database. <http://www.un.org/popin/> Cited November 2009.

**UNDP [United Nations Development Programme].** 2004. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*. Editors: Bo Lim Erika Spanger-Siegfried, with I. Burton, E. Malone and S. Huq. United Nations Development Programme, New York.

**UNSD [United Nations Statistics Division].** 2012. System of Environmental-Economic Accounting for Water (SSEA-Water). UN Statistics Division, New York, USA. Available at <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/seeawaterwebversion.pdf> Accessed 04 July 2012.

**UN-Water.** 2006a. The United Nations World Water Development Report 2: *Water, a shared responsibility*. World Water Assessment Programme (WWAP). Doc. no. UN-WATER/WWAP/2006/3. Unesco, Paris, France, and Berghahn Books, New York, USA. Available at <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409e.pdf> Accessed 3 July 2012.

**UN-Water.** 2006b. *Coping with water scarcity: A strategic issue and priority for system-wide action*. Available at [http://waterwiki.net/images/9/92/UN\\_Water\\_-\\_waterscarcity\\_leaflet.pdf](http://waterwiki.net/images/9/92/UN_Water_-_waterscarcity_leaflet.pdf) Accessed 3 July 2012.

**UN-Water.** 2009. The United Nations World Water Development Report 3: *Water in a Changing World*. World Water Assessment Programme (WWAP). Unesco, Paris, France, and Earthscan, London, UK.

**UN-Water.** 2012. The United Nations World Water Development Report 4: *Managing Water under uncertainty and risk*. World Water Assessment Programme (WWAP). Unesco, Paris, France.

**Wani, S.P., Rockström, J. & Oweis, T.** (editors). 2008. *Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series No. 7. CABI Publishing, Wallingford, UK.

**Ward, F.A. & Puldido-Velazques, M.** 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(47): 18215–18220.

**Water Accounting Standards Board.** 2009. Water accounting conceptual framework for the preparation and presentation of General Purpose Water Accounting Reports. Canberra, Australia.

**Winpenny, J.T.** 1997. *Managing Water Scarcity for Water Security*. A discussion paper prepared for the First FAO E-mail Conference on Managing Water Scarcity, 4 March to 9 April 1997.

**Winpenny, J.T.** 1994. *Managing water as an economic resource*. Routledge, London, UK.

**World Bank.** 2006. Where is the wealth of nations? Measuring capital for the 21st Century. World Bank, Washington DC, USA.

**World Bank.** 2007. Making the most of scarcity: accountability for better water management results in the Middle East and North Africa. World Bank, Washington DC, USA

**World Bank.** 2009. Addressing China's water scarcity: recommendations for selected water resource management issues. World Bank, Washington DC, USA.

**World Commission on Dams.** 2000. *Dams and development. A new framework for decision-making*. Earthscan Publications Ltd, London, and WWF-UK, London, UK.

**WHO [World Health Organization].** 2004. The global burden of disease. 2004 Update. Available at [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/GBD\\_report\\_2004update\\_full.pdf](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf) Accessed 3 July 2012.

**WWF/SAB Miller.** 2009. Water footprinting: identifying and addressing water risks in the value chain.

# Anexo 1. Definiciones

En este informe se han usado las siguientes definiciones:

**Agua aprovechable** (término también conocido como **recursos hídricos ordenables o potencial de desarrollo hídrico**). Volumen de agua potencialmente disponible para sectores con un uso consuntivo del agua (agricultura, industria o municipios). Pretende cuantificar la parte de los *recursos hídricos totales renovables* de un país que está efectivamente disponible para su extracción, considerando factores como la viabilidad económica y medioambiental del almacenamiento del agua; la extracción de aguas subterráneas; el mantenimiento de los caudales necesarios para navegación y servicios medioambientales; etc. El nivel de aguas aprovechables varía con el nivel de desarrollo económico del país, las infraestructuras, la calidad y variabilidad del agua, y los compromisos entre usuarios rivales.

**Agua disponible.** Parte de los recursos hídricos que está disponible para su uso. El concepto es algo ambiguo, y depende de si se refiere a agua disponible para su uso inmediato, o a recursos de agua dulce disponibles para su futuro aprovechamiento. En ambos casos, el acceso al agua tendría un coste.

**Agua dulce.** Agua presente de forma natural en la superficie de la Tierra en glaciares, lagos y ríos, y bajo tierra en acuíferos. Su característica fundamental es la baja concentración de sales disueltas. El término no incluye el agua de lluvia, el contenido de agua del suelo, las aguas residuales sin tratar, el agua de mar y las aguas salobres. En este informe, siempre que no se indique algo diferente, el término *agua* se usa como sinónimo de agua dulce.

**Auditoría del agua.** Estudio sistemático del estado actual y de las tendencias futuras de la demanda y del suministro de agua en un área determinada, prestando atención especial a los temas relacionados con gobernanza, instituciones, finanzas, accesibilidad e incertidumbre.

**Caudal de retorno.** Parte del agua extraída de su origen que no es consumida y regresa a su origen o a alguna otra masa de agua superficial o subterránea. El caudal de retorno se puede dividir en caudal no recuperable (caudal que vierte a saladares o a aguas subterráneas poco rentables, o caudal de calidad insuficiente), y caudal recuperable (caudal que llega a los ríos o se infiltra en acuíferos subterráneos).

**Conservación del agua.** Protección y gestión eficiente de los recursos de agua dulce para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

**Consumo beneficioso del agua (en agricultura).** Parte del agua que se extrae de su origen para riego y que es consumida por los cultivos bien por transpiración o bien capturada en forma de biomasa. El consumo de agua no beneficioso es la parte del agua extraída de su origen que se evapora del suelo sin contribuir a la producción de biomasa.

**Contabilidad del agua.** Método sistemático para organizar y presentar la información referente a los volúmenes y caudales físicos de agua presentes en el medio ambiente, así como su valor económico estimado a través de un análisis de costos-beneficios.

**Coste del agua.** En sentido estricto, el coste del agua está relacionado con los gastos directos que se producen al dar un servicio de suministro de agua. El coste completo del suministro

incluye los costes de operación y mantenimiento, y los costes de depreciación y reposición del capital. Una valoración del coste total del agua para la sociedad debería tener en cuenta, además de los costes de suministro, su coste de oportunidad (los beneficios que se dejan de recibir cuando el agua no se destina a su uso más beneficioso) y las externalidades tanto económicas como medioambientales asociadas al suministro de agua (consecuencias indirectas que no quedan capturadas directamente en el sistema de contabilidad) (FAO, 2004; GWP, 2000). Posiblemente sea necesario diferenciar el coste del servicio de su 'precio' determinado a través de las transacciones en el mercado, cuando las haya, y de su valor económico (ver definición de fijación del precio del agua y de valores del agua).

**Demanda de agua.** En términos económicos, se define como la capacidad y la disposición de los usuarios para pagar por el agua y los servicios que ésta aporta. En este sentido, la demanda de agua se diferencia del agua como necesidad básica humana, que requiere una cantidad mínima de suministro seguro. En un contexto de escasez de agua, la demanda de agua es una expresión de las necesidades de agua con un coste justo para un determinado nivel de servicio.

**Derecho de uso del agua.** En el sentido jurídico del término, es el derecho legal a extraer o desviar y usar agua de una determinada fuente natural; retener o almacenar una cantidad específica de agua en una fuente natural mediante una presa o alguna otra estructura hidráulica; o, usar o mantener agua en un estado natural (caudal ecológico en un río; recreación; prácticas religiosas o espirituales; agua para beber, lavar o bañarse; o agua para animales).

**Desabastecimiento de agua.** Falta de agua de calidad aceptable; bajos niveles de suministro de agua, en un momento y en un lugar determinados, respecto a los niveles de suministro diseñados. El desabastecimiento puede producirse por factores climáticos, u otras causas que den lugar a recursos hídricos insuficientes, ausencia de infraestructuras o un inadecuado mantenimiento de las mismas; o por muchos otros factores hidrológicos o hidrogeológicos.

**Eficiencia en el uso del agua.** En términos de ingeniería, la eficiencia en el uso del agua es el ratio entre la cantidad de agua usada para un determinado fin y la cantidad de agua extraída o desviada de su origen, ya sea un río, un acuífero o un embalse, para dicho fin. Es un término sin unidades que se puede aplicar a cualquier escala. En este informe, 'uso eficiente del agua' se entiende en términos económicos más generales, como el uso del agua que permite maximizar la producción de bienes y servicios. El uso eficiente del agua en agricultura se puede conseguir reduciendo las pérdidas de agua en el transporte y distribución, aumentando la productividad de los cultivos o desviando el agua hacia cultivos de mayor valor (reparto intrasectorial). Sin embargo, conseguir que un cierto uso agrícola del agua sea más eficiente no significa que se haya 'ahorrado' agua. En la búsqueda de una mayor 'eficiencia', es fundamental tener una visión amplia (por ejemplo, a nivel de cuenca), y reconocer que las llamadas 'pérdidas' pueden contribuir a la productividad de otros usuarios y en otras partes del ciclo del agua.

**Escasez absoluta de agua.** Suministro insuficiente para satisfacer la demanda total después de haber implementado todas las opciones posibles para aumentarlo y para gestionar la demanda. Esta situación conduce a restricciones generalizadas en el uso de agua. Se suele usar un umbral de 500 m<sup>3</sup>/ persona/año como valor representativo para indicar escasez absoluta de agua (Falkenmark, 1989). En este informe se considera la definición en términos de cantidad de agua únicamente, aunque en muchos casos la escasez también puede deberse a que el agua no tenga la calidad suficiente para ser apta para su consumo.

**Escasez crónica de agua.** Nivel en el que todos los recursos de agua dulce disponibles para su uso se están usando. A partir de este punto, el suministro de agua para su uso solo es posible a través del aprovechamiento de recursos de agua no convencionales como aguas de drenaje agrícola, aguas residuales tratadas o agua desalinizada, o gestionando la demanda. Se suele usar

un rango de entre 500 y 1.000 m<sup>3</sup>/persona/año como valor representativo para indicar escasez crónica de agua (Falkenmark, 1989).

**Escasez de agua.** Desequilibrio entre el suministro y la demanda de agua dulce en un área determinada (país, región, área de captación, cuenca fluvial, etc.) como resultado de una demanda demasiado elevada para el suministro disponible, bajo las condiciones existentes de disposiciones institucionales (incluyendo el precio) y de infraestructuras. Sus *síntomas* son: demanda insatisfecha, tensiones entre usuarios, competencia por el agua, sobreexplotación de agua subterránea, y flujos insuficientes al entorno natural. La escasez de agua *artificial* o *construida* se refiere a la situación resultante del desarrollo exagerado de infraestructuras hidráulicas para el nivel de suministro disponible, lo que conduce a una creciente falta de agua.

**Estrés hídrico.** Síntomas de la escasez o desabastecimiento de agua, por ejemplo, serias restricciones frecuentes y generalizadas en el uso, aumento de la competencia y de los conflictos entre usuarios, empeoramiento de la calidad y fiabilidad del servicio, pérdida de cosechas e inseguridad alimentaria.

**Evaluación de los recursos hídricos.** La valoración de los recursos hídricos se centra en la parte de la contabilidad del agua referente al suministro y aporta una evaluación sistemática de los recursos hídricos, incluyendo su variabilidad y sus tendencias.

**Extracción de agua.** Volumen bruto de agua que se saca de ríos, acuíferos o lagos para cualquier fin (por ejemplo, riego, industria, uso doméstico o comercio).

**Fijación del precio del agua.** Establecimiento del precio a pagar por un servicio de agua. El precio se puede calcular para que cubra todos o parte de los costes del servicio (ver definición de coste del agua), o para inducir un cambio de comportamiento con respecto al uso del agua, de modo que se desperdicie menos. En el caso de agua de riego, el precio se puede calcular por superficie, por tipo de cultivo, o sobre una base volumétrica. El precio asignado al servicio de agua recibe a menudo el nombre de tarifa, y es posible que no refleje el valor económico del recurso hídrico propiamente dicho. Incluso cuando se establece un precio de mercado en las transacciones locales o en un mercado de agua regulado (California, Chile, Australia), es posible que el precio no refleje el valor económico completo. Por lo tanto, en la planificación de los recursos hídricos, el análisis de costos-beneficios debe ajustar los precios observados o estimar unos nuevos precios. Estos precios ajustados o estimados se conocen comúnmente como precio sombra.

**Gestión de la demanda.** Conjunto de acciones dirigidas a controlar la demanda de agua, aumentando la eficiencia en su uso (ver la definición más arriba) o re-asignando el agua entre los distintos sectores o dentro de cada sector.

**Instituciones.** Leyes y regulaciones que gobiernan la gestión, desarrollo, protección contra la contaminación y el uso de los recursos hídricos; organismos gubernamentales de todos los niveles, responsables de la administración y el cumplimiento de las leyes y regulaciones; poder judicial; y organizaciones formales o informales de usuarios de agua.

**Mejora del suministro** (también llamado **gestión del suministro** o **aumento del suministro**). Conjunto de acciones adoptadas para aumentar el suministro de agua, bien a través del aprovechamiento de recursos hídricos (construcción de infraestructuras hídricas o aprovechamiento de las aguas subterráneas) o el incremento de los recursos hídricos disponibles a través del aprovechamiento de fuentes de agua *no convencionales*, como la desalinización de agua de mar o la reutilización de aguas residuales tratadas.

**Modernización.** Respecto al riego, la modernización se define como un proceso de mejora técnica y de la gestión (en lugar de una simple rehabilitación) de las zonas de riego, junto con reformas institucionales, si fueran necesarias, con el objetivo de mejorar el uso de los recursos (mano de obra, economía del agua, medio ambiente) y el servicio de suministro de agua a fincas agrícolas (FAO, 1997).

**Productividad del agua.** La cantidad (masa, calorías) o valor de la producción (incluyendo servicios) en relación con el volumen de agua usado para obtenerla. La productividad hídrica de los cultivos es simplemente la cantidad (kg o calorías) o valor del producto por unidad de agua suministrada (metro cúbico).

**Recursos hídricos totales renovables.** Suma de las medias a largo plazo de los valores anuales de los recursos hídricos renovables internos y externos de un área determinada. Corresponde a la máxima cantidad teórica anual de agua realmente disponible para un país sin tener en consideración requisitos medioambientales o de calidad del agua. Los *recursos hídricos renovables internos* de un país se definen como la media a largo plazo de los valores anuales del caudal de los ríos y de la recarga de los acuíferos producidos por precipitación endógena. Los *recursos hídricos renovables externos* se definen como la parte de los recursos hídricos renovables anuales de un país que no se han generado en el propio país. Incluye los caudales que vienen de países situados aguas arriba y una parte del agua de los lagos y ríos fronterizos. Tiene en cuenta el volumen del caudal reservado a través de acuerdos o tratados formales o informales por lo países situados aguas arriba (caudal de entrada) y/o los países situados aguas abajo (caudal de salida), y las posibles extracciones de agua que tengan lugar en los países situados aguas arriba.

**Suministro de agua.** Cantidad de agua que está disponible para su uso.

**Tarifa del agua.** Ver fijación del precio del agua. Las tarifas del agua varían mucho en su estructura y nivel entre distintas categorías de usuarios, proveedores de servicio y entre países y regiones. Los mecanismos para ajustar las tarifas también presentan una gran variabilidad.

**Tasa de agua.** El término se refiere al pago impuesto a los beneficiarios del servicio de agua (suministro doméstico, riego, etc.). Aunque se use el mismo término 'fijación de precio', la fijación de un precio o tarifa para el agua, según la cual se calculan las tasas a pagar, es claramente muy diferente de la fijación formal del precio del agua como recurso natural desde el punto de vista de la eficiencia económica. En ese caso se aplicaría el concepto de precio sombra (ver *fijación* del precio del agua más arriba)

**Uso beneficioso del agua.** Uso del agua con fines que tienen beneficios claros y tangibles, como consumo doméstico, riego, refrigeración y procesos industriales, generación de energía hidroeléctrica, recreación y navegación. Según el contexto, el uso beneficioso también puede incluir el mantenimiento del caudal de los ríos con fines medioambientales, la dilución del flujo de aguas residuales y el mantenimiento de humedales, la prevención de incursiones de agua salada en estuarios, etc.

**Uso consuntivo del agua.** Parte del agua extraída de su origen para su uso en un determinado sector (por ejemplo, agricultura, industria o consumo doméstico) que no se podrá reutilizar debido a evaporación, transpiración, incorporación a productos, drenaje directo al mar o a áreas de evaporación, o extracción de alguna otra forma de las fuentes de agua dulce. La parte del agua extraída que no se consume en estos procesos se denomina caudal de retorno.

**Uso del agua.** Cualquier aplicación o utilización deliberada del agua para un fin determinado. Es importante diferenciar entre *uso consuntivo* (ver definición anterior) y *uso no consuntivo*. Algunos usos no consuntivos importantes son la navegación, la recreación y la asimilación y

dispersión de residuos. La generación de energía hidroeléctrica y la refrigeración de estaciones eléctricas no son un usuario consuntivo neto de agua importante, pero sí tienen un gran impacto en el ciclo hidrológico, y liberan agua en momentos y a temperaturas que implican costes para otros usuarios. Los embalses también sufren pérdidas por evaporación.

**Valores del agua.** Beneficios derivados del uso del agua para fines concretos, en momentos y lugares determinados. Muchos de estos beneficios se pueden cuantificar y valorar en términos económicos (por ejemplo, el uso del agua para riego, procesos industriales, y, en muchos casos, el uso doméstico), pero otros han de expresarse cualitativamente (por ejemplo, valor recreativo). Las técnicas de valoración directa del agua se basan en cuestionarios que ayudan a determinar las preferencias y la disposición a pagar por un bien o servicio (por ejemplo, método de valoración contingente). Las técnicas de valoración indirecta se basan en la observación del comportamiento del mercado para fijar los valores (por ejemplo, fijación de precios hedónicos, método del costo de viaje).



## Anexo 2. Programa de la Consulta de Expertos

Hora	Día 1: Lunes 14 de diciembre	Día 2: Martes 15 de diciembre	Día 3: Miércoles 16 de diciembre
8:45-9 :00	Registro	Presentación de países: Australia y Túnez	Presentación de países: China y España
9:00-9:15			
9:15-9:30	Charla de bienvenida y presentación de los objetivos de la reunión	Sesión de grupo 2: Identificación de los principales responsables de la toma de decisiones, opciones de respuesta, y condiciones	Sesión de grupo 5: Enfoque para la acción y las colaboraciones de la FAO
9:30-10:00	Presentación de los participantes (Johan Kuylenstierna)		
10:00-10:30	Presentación del borrador del marco conceptual (Pasquale Steduto)	Plenario: Resumen de los resultados de los grupos	Plenario: Resumen de los resultados de los grupos
<b>10:30-11:00</b>	<b>Pausa para café/té</b>	<b>Pausa para café/té</b>	<b>Pausa para café/té</b>
11:00-12:15	Debate sobre el marco conceptual, incluyendo la terminología (presentado por Jean-Marc Faurès)	Sesión de grupo 3: Tratar la escasez de agua en la agricultura desde una perspectiva más amplia	Conclusión: recomendaciones y acciones futuras
12:15-12:30		Plenario: Resumen de los resultados de los grupos	Cierre
<b>12:30-13:30</b>	<b>Comida</b>	<b>Comida</b>	<b>Comida</b>
13:30-13:45	Presentación de países: Egipto y Sudáfrica	Presentación de países: EEUU y Chile	
13:45-15:00	Sesión de grupo 1: revisión del concepto de escasez de agua, aspectos y causas	Sesión de grupo 4: Criterios y principios para la acción	
15:00-15:30	Plenario: Resumen de los resultados de los grupos	Plenario: Resumen de los resultados de los grupos	
<b>15:30-16:00</b>	<b>Pausa para café/té</b>	<b>Pausa para café/té</b>	
16:00-16:30	Auditoría de agua: una aproximación a la evaluación sistemática del uso del agua (Charles Batchelor)	Aplicaciones de la teledetección en la evaluación del uso del agua (Wim Bastiaansen)	
16:30-17:30	Debate: Aplicación del concepto de auditoría de agua	Debate: Aplicación de la teledetección en la auditoría de agua	
17:30-18:00	Conclusión	Conclusión	

## Anexo 3.

# Lista de participantes en la Consulta de Expertos

### Australia

**Mary Harwood**

First Assistant Secretary  
Water Efficiency Division  
Department of the Environment, Water,  
Heritage and the Arts

### Francia

**François Molle**

Chargé de recherche  
Institut de Recherche pour le Développement

### Chile

**Humberto Peña Torrealba**

Consultor en recursos hídricos

### China

**Mei Xurong**

Director General  
Institute of Environment and Sustainable  
Development in Agriculture (IEDA)

**Gan Hong**

Deputy Director  
Department of Water Resources  
China Institute of Water Resources  
and Hydropower Research (IWHR)

### Alemania

**Walter Huppert**

Consultant  
Water Management and Institutions

**Elisabeth Van Den Akker**

Senior Planning Officer  
Section Policy Consultancy in  
the Agriculture, Fisheries and Food Sector

### Italia

**Nicola Lamaddalena**

Mediterranean Agronomic Institute Bari

**Stefano Burchi**

Consultant, FAO

### Holanda

**Wim Bastiaanssen**

Faculty of Civil Engineering  
and Geosciences

### Níger

**Amadou Allahoury Diallo**

Senior Agricultural Water Expert  
Niamey, Niger

### Sudáfrica

Rivka Kfir

Chief Executive Officer  
South Africa Water Research Commission

### España

**Consuelo Varela-Ortega**

Professor, Departamento de economía y ciencias  
sociales agrarias. ETSI Agrónomos  
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

**Elias Fereres-Castiel**

Consejo Superior de  
Investigaciones Científicas  
Instituto Agricultura Sostenible  
Finca Alameda del Obispo

### Túnez

**Netij Ben Mechlia,**

Professeur  
Institut National Agronomique de Tunis

### Reino Unido

**Chris Perry**

Water Resources Economist

**Charles Batchelor**

Water Resources Management Ltd

## Estados Unidos

### **Donald A. Wilhite**

Director and Professor,  
School of Natural Resources  
University of Nebraska

### **Mark Svendsen**

President, United States Committee on  
Irrigation and Drainage

## ICID

### **Chandra A. Madramootoo**

President, International Commission on  
Irrigation and Drainage (ICID)  
James McGill Professor and Dean Faculty of  
Agricultural and Environmental Sciences  
Ste. Anne de Bellevue QC

## IFAD

### **Rudolph Cleveringa**

Senior Water Advisor  
International Fund for Agricultural  
Development

## IWMI

### **David Molden**

Deputy Director General - Research  
International Water Management Institute  
(IWMI)

## ONU-Agua

### **Johan Kuylenstierna**

Chief Technical Advisor

## FAO

### **División de Tierras y Aguas**

Pasquale Steduto  
Jacob Burke  
Jean-Marc Faurès  
Karen Frenken  
Nicoletta Forlano  
Jippe Hoogeveen  
Gabriella Izzi  
Sasha Koo-Oshima  
Alba Martinez-Salas  
Patricia Mejias-Moreno  
Daniel Renault  
Guido Santini  
Domitille Vallée

### **Oficina regional de Asia y Pacífico**

Thierry Facon

## **Anexo 4.**

# **Lista de presentaciones de la consulta de expertos**

**Coping with water scarcity**  
**The role of agriculture. A framework for action**

Pasquale Steduto

**Water and agriculture in Australia**

Mary Harwood

**Coping with water scarcity**  
**The role of agriculture. The case of Chile.**

Humberto Peña

**Water and agriculture in China**

Mei Xurong

**Some experiences of agricultural water use in China**

GAN Hong

**Coping with water scarcity: an Italian case study**

Nicola Lamaddalena

**Remote sensing of water consumption**  
**in basins and agricultural systems**

Wim Bastiaanssen

**Coping with water scarcity in South Africa**

Rivka Kfir

**Coping with water scarcity in Spain:**  
**current measures and future developments**

Consuelo Varela-Ortega and Elias Fereres-Castiel

**Water accounting - an approach to systematic**  
**assessment of water use**

Charles Batchelor

**Water scarcity in agriculture – The case of Tunisia**

Netij Ben Mechlia

**Coping with water scarcity - US experiences**

Mark Svendsen

## INFORMES TÉCNICOS DE LA FAO

### INFORMES SOBRE TEMAS HÍDRICOS DE LA FAO

1	Prevention of water pollution by agriculture and related activities, 1993 (E/S)	21	Water quality management and control of water pollution, 2000 (E)
2	Irrigation water delivery models, 1994 (E)	22	Deficit irrigation practices, 2002 (E)
3	Water harvesting for improved agricultural production, 1994 (E)	23	Review of world water resources by country, 2003 (E)
4	Use of remote sensing techniques in irrigation and drainage, 1995 (E)	24	Rethinking the approach to groundwater and food security, 2003 (E)
5	Irrigation management transfer, 1995 (E)	25	Groundwater management: the search for practical approaches, 2003 (E)
6	Methodology for water policy review and reform, 1995 (E)	26	Capacity development in irrigation and drainage. Issues, challenges and the way ahead, 2004 (E)
7	Irrigation in Africa in figures/L'irrigation en Afrique en chiffres, 1995 (E/F)	27	Economic valuation of water resources: from the sectoral to a functional perspective of natural resources management, 2004 (E)
8	Irrigation scheduling: from theory to practice, 1996 (E)	28	Water charging in irrigated agriculture – An analysis of international experience, 2004 (E) efforts and results, 2007 (E)
9	Irrigation in the Near East Region in figures, 1997 (E)	29	Irrigation in Africa in figures – AQUASTAT survey – 2005, 2005 (E/F)
10	Quality control of wastewater for irrigated crop production, 1997 (E)	30	Stakeholder-oriented valuation to support water resources management processes – Confronting concepts with local practice, 2006 (E)
11	Seawater intrusion in coastal aquifers – Guide lines for study, monitoring and control, 1997 (E)	31	Demand for products of irrigated agriculture in sub-Saharan Africa, 2006 (E)
12	Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options, 1997 (E)	32	Irrigation management transfer – Worldwide, 2008 (E/S)
13	Management of agricultural drainage water quality, 1997 (E)	33	Scoping agriculture–wetland interactions – Towards a sustainable multiple-response strategy, 2008 (E)
14	Irrigation technology transfer in support of food security, 1997 (E)	34	Irrigation in the Middle East region in figures – AQUASTAT Survey – 2008, 2009 (Ar/E)
15	Irrigation in the countries of the former Soviet Union in figures, 1997 (E) (also published as RAP Publication 1997/22)	35	The Wealth of Waste: The economics of wastewater use in agriculture, 2010 (E)
16	Téledétection et ressources en eau/Remote sensing and water resources, 1997 (F/E)	36	Climate change, water and food security (E)
17	Institutional and technical options in the development and management of small-scale irrigation, 1998 (E)	37	Irrigation in Southern and Eastern Asia in figures – AQUASTAT Survey – 2011 (E)
18	Irrigation in Asia in figures, 1999 (E)	38	Coping with water scarcity - an action framework for agriculture and food security – 2012 (E/F)
19	Modern water control and management practices in irrigation – Impact on performance, 1999 (E)		
20	El riego en América Latina y el Caribe en cifras/Irrigation in Latin America and the Caribbean in figures, 2000 (S/E)		

Disponibilidad: Febrero de 2011

Ar	–	Árabe	Multilingüe
C	–	Chino	* Edición agotada
E	–	Inglés	** En preparación
F	–	Francés	
P	–	Portugués	
S	–	Español	

Los informes técnicos de la FAO se pueden obtener a través de un agente de ventas autorizado por la FAO o directamente a través del Grupo de Ventas y Comercialización de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia.

# Afrontar la escasez de agua

## Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria

En el siglo XX, el uso de agua ha aumentado a un ritmo de más de dos veces el de la tasa de crecimiento de la población, hasta el punto de que en muchas regiones ya no se puede satisfacer la demanda general de agua. La agricultura es responsable del 70% de las extracciones globales de agua dulce, y probablemente es el sector en el que la escasez de agua es más crítica. La presión conjunta del crecimiento de la población y el cambio en los hábitos alimenticios, está aumentando el consumo de alimentos en casi todas las regiones del mundo y se espera que para el año 2050 haya que producir un 60% más de alimentos para poder satisfacer la demanda global.

Las decisiones políticas futuras tendrán que reflejar cada vez más la estrecha relación entre el agua y la seguridad alimentaria, y basarse en un buen entendimiento de las oportunidades y compromisos de la gestión del agua para la producción agrícola. Para poder guiar su acción en apoyo de los Estados Miembros, la FAO se ha embarcado recientemente en un programa a largo plazo sobre el tema "Afrontar la escasez de agua – el papel de la agricultura". Como parte de este programa, se ha desarrollado un marco conceptual basado en los resultados de una Consulta de Expertos, que ayude a tratar la cuestión de la seguridad alimentaria en condiciones de escasez de agua. Este informe presenta el marco conceptual, examina una serie de opciones técnicas, y establece un conjunto de principios que puedan servir como base para el desarrollo de políticas alimentarias efectivas en respuesta a la creciente escasez de agua.



El programa "Afrontar la escasez de agua – el papel de la agricultura" está financiado por la Cooperación Italiana para el Desarrollo.

ISBN 978-92-5-307304-7 ISSN 1020-1556



9 789253 073047

I3015S/1/04.13