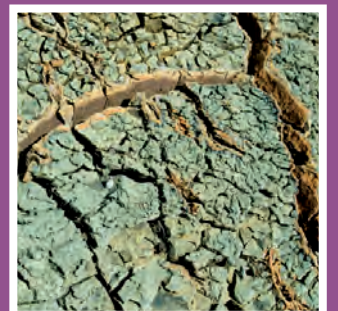




Los recursos de agua en Europa: cómo hacer frente a la escasez de agua y la sequía





Los recursos de agua en Europa: cómo hacer frente a la escasez de agua y la sequía



2010

Diseño de portada: AEMA
Foto de portada © Stock.xpert
Foto de la izquierda © AEMA/Peter Kristensen
Foto de la derecha © ZOB/Lone Dobel
Maquetación: AEMA/Henriette Nilsson

Advertencia legal

El contenido de la presente publicación no refleja necesariamente las opiniones oficiales de la Comisión Europea ni las de otras instituciones de las Comunidades Europeas. Ni la Agencia Europea de Medio Ambiente ni ninguna otra persona o empresa que actúe en representación de las mismas se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en este informe.

Todos los derechos reservados

Reproducción autorizada con indicación de la fuente bibliográfica, salvo que se especifique lo contrario. En Internet puede consultarse información sobre la Unión Europea, en la siguiente dirección: www.europa.eu. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2009.

Revisión científica de la edición en español:

Este trabajo ha sido realizado por TAU Consultora Ambiental por encargo de la Unidad de Información

Ambiental Estratégica (Punto Focal Nacional de la AEMA), Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

Supervisión, coordinación y control (MMA):

Javier Cachón de Mesa

Coordinación (TAU Consultora Ambiental):

Laura Romero Vaquero

Equipo de revisión:

José María Gascó Montes, Catedrático de Edafología y Climatología, ETS de Ingenieros Agrónomos, UPM
Gabriel Gascó Guerrero, Área de Edafología y Química Agrícola, ETS de Ingenieros Agrónomos, UPM

Título original en inglés:

Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought

Copyright

© AEMA, Copenhague, 2009

Publicada mediante un convenio con la AEMA y con la Oficina de Publicaciones de la CE (OPOC)
El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Secretaría General Técnica: Alicia Camacho García. **Subdirector General de Información al ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Director del Centro de Publicaciones:** Juan Carlos Palacios López. **Jefa del Servicio de Producción y Edición:** M^a Dolores López Hernández.

Edita:

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta

Paseo de la Infanta Isabel, 1
Teléfono: 91 347 55 51-91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Fotocomposición, Impresión y Encuadernación

SAF, Sociedad Anónima de Fotocomposición

Plaza San Juan de la Cruz, s/n
Teléfono: 91 597 60 81
Fax: 91 597 66 01
Tienda virtual: www.marm.es
e-mail: centropublicaciones@marm.es

NIPO: 770-10-301-7

I.S.B.N.: 978-84-491-1054-2

Depósito legal: M-48.900-2010

Catálogo General de publicaciones oficiales:

<http://www.060.es> (servicios en líneas/oficina virtual/Publicaciones)

Impreso en papel reciclado



Datos técnicos: Formato: 21 × 29,7 cm. Caja de texto: 17,5 × 25 cm. Composición: dos columnas. Tipografía: Verdana a cuerpos 7, 8, 10 y 20. Encuadernación: Rústica. Papel: Interior en estucado mate reciclado al 100% totalmente libre de cloro. Cubierta en cartulina gráfica de 300 grs. Tintas 4/4 plastificado mate.

Presentación de la edición española

En España la cultura del agua, de su gestión y administración, ha estado muy presente en su historia. La situación geográfica, las condiciones climáticas y la extensión del país, han condicionado durante siglos la utilización del agua. Los períodos de sequía frecuentes, las limitaciones de la agricultura de secano, han provocado un sobreesfuerzo en la construcción de embalses, de sistemas de riego, de ordenación de prioridades. La presa de Proserpina en Mérida, construida por los romanos, o el Tribunal de las Aguas de Valencia, creado por los árabes, siguen siglos después ofreciendo cada día el ejemplo de la voluntad del hombre por gestionar un recurso escaso de manera sostenible.

En la Unión Europea se adopta en el año 2000, con la publicación de la Directiva Marco del Agua (DMA), el criterio de gestionar el agua de manera integrada y sostenible, mediante la creación de las demarcaciones hidrográficas en las que se incluyen las aguas continentales, las subterráneas, las de transición y las costeras. Dentro de las demarcaciones, se establece el concepto de masa de agua como unidad de gestión uniforme de las aguas que forman parte de la demarcación. El criterio de gestión que establece la DMA, atiende básicamente a la conservación de los ecosistemas acuáticos y dependientes del agua más que a la mera concepción utilitaria del recurso, con el fin último de que, las masas de agua en las que se desarrollan, alcancen lo que se ha venido en definir como “buen estado ecológico” para, de esa forma, poder disponer de los recursos hídricos suficientes en condiciones de calidad y atender así las crecientes demandas existentes. Todas las medidas a desarrollar para mantener el buen estado ecológico o llevar a las masas de agua a ese estado, deben verse reflejados en los Planes de Cuenca de la Demarcación. La directiva adopta además el concepto de la recuperación total de costes asociados al uso del agua, de forma que se puedan internalizar los costes externos, entre otros los ambientales, al precio final al que se oferta el recurso. La adopción del concepto de Demarcación Hidrográfica, se adopta con un criterio geográfico de gestión, algo que España había comenzado ya a practicar hace casi un siglo de forma parcial al no incluir las categorías de agua costeras y de transición, mediante la creación de las confederaciones Hidrográficas y la obligación de redactar planes de cuenca a los que ya llamaba la Ley de Aguas del año 85.

Al utilizar cifras medias de disponibilidad y utilización por sectores de los recursos hídricos en Europa hay que tener muy en cuenta la disparidad de las situaciones geográficas y climáticas. Las cifras globales pueden mostrar que en la UE de media se emplea en la agricultura el 24% del agua extraída, una cifra que sin embargo puede alcanzar y superar el 70% cuando se consideran los países mediterráneos, del sur de Europa. La comparación de ambas cifras es imposible, si no se tienen a la vez en cuenta factores como la abundancia de precipitaciones en unos casos, y las frecuentes situaciones de escasez y sequía en otros. Unas diferencias que llegan a manifestarse en toda su dimensión cuando se aprecia que en los países de centro y norte de Europa el propio concepto de agricultura de regadío es extraño, mientras es indispensable en los países del sur.

Esta incorporación de la gestión sostenible cuenta en España con la ventaja de la definición hace décadas del dominio público hidráulico y del marítimo terrestre, del que forman parte tradicionalmente tanto las aguas continentales en el primero de los casos, es decir, las superficiales y las subterráneas, los cauces de corrientes naturales, los lechos de lagos y lagunas y los de embalses superficiales en cauces públicos, así como las aguas procedentes de desalación de agua del mar y, en el segundo caso, todas las aguas incluidas en las categorías de transición (estuarios de los ríos y lagunas costeras) y costeras (aquellas comprendidas entre una línea imaginaria situada a una milla de la línea de base recta y la línea de costa).

Otro concepto que desarrolla la DMA es el de la lucha contra los fenómenos extremos y la adaptación al cambio climático. En ese sentido, es destacable la publicación de la Directiva 2007/60 sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, lamentablemente frecuentes en España, en donde la mayor parte de las víctimas registradas por desastres naturales, han sido consecuencia de las inundaciones. El desarrollo de la Directiva, en proceso de transposición en España a través de una propuesta en tramitación de un Real Decreto de evaluación y gestión de los riesgos de inundación, obliga a los EEMM a definir las zonas de riesgo de inundación y facilitar el conocimiento de estos sucesos, especialmente a los planificadores urbanos para su toma en consideración. En sentido contrario, se han aprobado en España planes especiales de sequía en todas las cuencas intercomunitarias, con el fin de hacer frente a los efectos de las sequías que con frecuencia periódica se padecen en el territorio español.

La incorporación de las disposiciones europeas en la normativa española se ha acelerado en el último período: el Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, pero hay que destacar también la Estrategia Nacional para la Modernización Sostenible de los Regadíos, Horizonte 2015, presentado el año pasado a las CCAA y a los sectores implicados y actualmente en fase de Evaluación Ambiental Estratégica o, con objeto de contribuir a alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua, la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, cuyo desarrollo ha sido impulsado recientemente, entre otras acciones con la aprobación del programa de voluntariado de ríos.

Se está ejecutando el Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015. La población equivalente que dispone de tratamiento de aguas residuales ha pasado desde el 41% en 1995 hasta el actual 95%. El grado de conformidad de la carga contaminante tratada con los criterios de la Directiva 91/271/CEE, modificada por la Directiva 95/15/CE, alcanzó ya el 78% en 2008.

Una de las respuestas ante las situaciones de escasez acusadas por las condiciones climatológicas ha sido la puesta en marcha de infraestructuras de desalación de agua, que nos ha situado en cuarta posición en producción de agua desalada en todo el mundo, por detrás de Arabia Saudí, Estados Unidos y los Emiratos Árabes. Las precipitaciones registradas en 2009 y la primera mitad del 2010 han permitido disminuir levemente la producción de agua desalada. Las reservas de agua al principio de 2010 son mayores de lo habitual en nuestros embalses, pero sabemos que debido a las características propias del clima mediterráneo, al final se compensan los períodos de precipitaciones con los de escasez y sequía.

Por ello un indicador que resulta especialmente interesante en nuestro país es el consumo de agua en las redes de abastecimiento urbano, que está experimentando descensos leves, pero continuados, desde el año 2004. Parece claro que hay una mayor eficiencia en el uso del agua, que desciende mientras aumenta el PIB (hasta el año 2008). Es una tendencia que se debe aumentar, y para ello son necesarias las disposiciones normativas, la fijación de precios, las técnicas más eficientes en agricultura e industria. Pero sobre todo es necesaria la sensibilidad ciudadana, que al final resulta el factor indispensable y determinante.

Los nuevos cultivos energéticos pueden representar una opción valiosa para sustituir combustibles fósiles, pero debemos estar atentos para que no provoquen un aumento en el consumo de agua. Las prácticas más eficientes requieren a menudo la participación de consumidores y usuarios, la concienciación sobre la limitación de los recursos en el proceso de momento de toma de decisiones que afectan a los recursos hídricos, especialmente en un marco definido por los efectos del cambio climático que, en lo que a la gestión de estos, deberán tener en cuenta la aparición más frecuente de fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

María Jesús Rodríguez de Sancho
Directora general de Calidad y Evaluación Ambiental
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Índice

Agradecimientos	4
Resumen ejecutivo	5
1 Introducción	9
1.1 Antecedentes	9
1.2 Objetivos	9
1.3 Descripción general	10
2 Disponibilidad, extracción y suministro de agua	11
2.1 Disponibilidad de agua	11
2.2 Extracción	14
2.3 Suministro	14
2.4 Métodos alternativos de abastecimiento	17
2.5 Índice de explotación del agua	17
3 Impacto de la extracción y el suministro de agua	19
3.1 Agotamiento de los recursos de agua	19
3.2 Impacto ecológico	21
3.3 Intrusión salina	22
3.4 Impactos adversos de las medidas orientadas a la oferta	23
4 Extracción de agua para la industria y la producción de energía	25
4.1 Uso del agua en la industria manufacturera	25
4.2 Uso del agua en la producción de energía	26
5 Abastecimiento público de agua	28
5.1 Fuerzas motrices del abastecimiento público de agua	28
5.2 Uso actual y reciente del agua pública	31
5.3 Influencia del cambio climático	31
5.4 Uso sostenible del abastecimiento público de agua	32
6 Consumo de agua en la agricultura	36
6.1 Fuerzas motrices históricas en la agricultura de regadío	36
6.2 Fuerzas motrices futuras en la agricultura de regadío	38
6.3 El regadío en Europa	38
6.4 Uso sostenible del agua en la agricultura	41
7 Conclusiones sobre la futura gestión de los recursos de agua en Europa	46
7.1 Precio del agua	46
7.2 Planes de gestión de la sequía	46
7.3 Eficiencia y conservación del agua	46
7.4 Iniciativas de concienciación	47
7.5 Lucha contra el uso ilegal del agua	47
7.6 Fuentes alternativas	48
7.7 Desalinización	48
7.8 Requisitos de información	48
Referencias	50

Agradecimientos

Autores

Robert Collins, Peter Kristensen y Niels Thyssen (AEMA).

Coautores del Centro Temático Europeo del Agua

Ingo Bräuer, Thomas Dworak, Max Grünig, Eleftheria Kampa y Colette de Roo (Ecologic); Maggie Kossida, Kleio Monokrousou y Yiannis Panagopoulos (NTUA).

Colaboradores de la AEMA

Elena Cebrián Calvo, Philippe Crouzet, Jan-Erik Petersen y Beate Werner.

Director de Proyecto de la AEMA

Robert Collins.

Resumen ejecutivo

A pesar de que el agua es muy abundante en el planeta, su gestión insostenible durante décadas ha sido la causa de que las restricciones hayan alcanzado el nivel crítico en muchas regiones. En general, aunque los seres humanos usan más del 50% de las reservas de agua dulce accesible y renovable, miles de millones de personas siguen careciendo de los servicios más básicos de agua (Pacific, 2009).

Hasta hoy, la mayoría de los europeos ha ignorado el impacto social, económico y ambiental de la escasez severa de agua, pero a medida que la demanda aumenta y el clima global cambia, cabe preguntarse si Europa se está volviendo más sensible.

El equilibrio entre la demanda y la disponibilidad de agua ha alcanzado un nivel crítico en muchas áreas de Europa debido a la excesiva extracción durante largos períodos con baja precipitación o sequía. La disminución del caudal de los ríos, el descenso del nivel de agua en los lagos y acuíferos y la desecación de humedales se han constatado ampliamente, en paralelo con los efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos continentales, incluyendo sus peces y aves. La disminución de los recursos de agua suele ir acompañada del empeoramiento de la calidad del agua, ya que queda menos agua para diluir los contaminantes. Además, la intrusión marina de agua salina aumenta en los acuíferos costeros sobreexplotados de Europa. En el futuro, el cambio climático puede agravar los impactos negativos de unas sequías más frecuentes y severas en toda Europa.

Principales fuerzas motrices del uso del agua

Hacer frente al problema de la escasez de agua requiere no sólo el conocimiento cuantitativo de la extracción de agua por cada sector económico, sino también la mejor comprensión de sus fuerzas motrices. Sólo mediante un cambio de estas fuerzas motrices puede conseguirse que la gestión del agua sea más sostenible.

Dentro del conjunto de la Unión Europea, la producción de energía supone un 44% de las extracciones totales de agua, que se emplea

principalmente para refrigeración. El 24% del agua extraída se destina a la agricultura, el 21% al abastecimiento público y el 11% a la industria. Estos porcentajes de consumo de agua en la UE desglosados por sectores enmascaran las grandes diferencias regionales. En el sur de Europa, por ejemplo, más de la mitad de las extracciones nacionales totales se destinan a la agricultura, alcanzando en algunas regiones más del 80%, mientras que en Europa occidental, más de la mitad de las extracciones se destinan a la refrigeración en la producción de energía. Estos sectores, a su vez, difieren mucho en cuanto al uso “consuntivo” del agua. Casi el 100% del agua de refrigeración utilizada en la producción de energía retorna a una masade agua. Por el contrario, la agricultura devuelve sólo un 30% del agua extraída, ya que los terrenos cultivados consumen el resto por evapotranspiración.

El uso del agua por la agricultura en Europa ha aumentado durante las dos últimas décadas, debido en parte a que los agricultores rara vez se han visto obligados a pagar el coste «real» del agua. La Política Agrícola Común (PAC) es responsable en parte, porque en determinados casos ha subvencionado algunos cultivos que son intensivos en cuanto al consumo de agua y que además emplean técnicas ineficientes. No obstante, las recientes reformas de la PAC, han debilitado el vínculo entre las subvenciones y la producción agrícola. En la actualidad, el consumo de agua por la agricultura, aunque con un nivel alto, permanece estable en Europa. Sin embargo, la demanda de cultivos energéticos puede aumentar el consumo de agua por la agricultura en los próximos años.

Varios factores influyen en la demanda pública de agua, incluyendo la población, el tamaño de las familias, el turismo, la renta, la tecnología y el comportamiento de los consumidores, por ejemplo en cuanto a la adquisición de agua mineral embotellada. Además, las “pérdidas” desde las redes de abastecimiento y distribución son claves para determinar la cantidad de agua que llega a los hogares. El suministro público de agua en Europa oriental ha disminuido desde principios de la década de 1990 debido a la instalación de contadores de consumo y al alza de los precios. Sin embargo, el crecimiento económico reciente en Europa oriental

predice la inversión de la tendencia general a la baja para un futuro inmediato. En Europa occidental se ha observado, en los últimos años, una disminución similar aunque menos marcada del suministro debido a la adopción de medidas de ahorro.

El turismo puede aumentar considerablemente el uso público de agua, especialmente durante el pico de consumo en los meses de las vacaciones estivales y sobre todo en las regiones costeras del sur de Europa que ya están sometidas a un estrés hídrico considerable. Además del consumo de agua en la alimentación, bebidas e higiene personal, el turismo se asocia con actividades de ocio como la natación y el golf (riego de los campos) que aumentan significativamente el consumo de agua. En el sur de Europa, el turismo ha contribuido a aumentar el consumo de agua pública durante las últimas décadas.

La extracción de agua para uso industrial ha disminuido durante los últimos 15 años, en parte a causa del declive general de la industria pesada, aunque también gracias a algunos avances técnicos, como el del reciclado de las aguas residuales in situ. También ha disminuido la extracción de agua para refrigeración, principalmente a causa de la aplicación de unas tecnologías más avanzadas y que requieren menos agua.

El caso de la gestión de los recursos de agua según la demanda

Tradicionalmente, la gestión de los recursos de agua en Europa ha sido orientada por la oferta. El abastecimiento regular de agua se ha asegurado por la combinación de embalses, el trasvase entre cuencas y el aumento de las extracciones de aguas superficiales y subterráneas. Los siglos XIX y XX se han caracterizado por el rápido crecimiento del número de grandes embalses. En Europa hay actualmente unas 7.000 grandes presas, cuya capacidad supone un 20% del total de los recursos de agua dulce.

El problema reside en que el desproporcionado protagonismo histórico de la oferta no ha ofrecido ningún incentivo para limitar el uso del agua en cada sector, permaneciendo invariables las principales fuerzas motrices del consumo de agua. Como resultado, se ha promovido la excesiva extracción de agua, actualmente perceptible en numerosas partes de Europa, con el consiguiente perjuicio de los hábitats acuáticos. Por lo tanto, una expansión constante de la oferta no es una opción viable de la gestión en el futuro, especialmente a la vista del aumento previsto de la frecuencia y severidad de las sequías en Europa.

Europa necesita una gestión sostenible según los criterios de la demanda, centrada en la conservación

y mejora de los recursos de agua y su utilización más eficiente. Para ello es esencial establecer un enfoque más equitativo de las extracciones de agua, lo cual no sólo atiende las necesidades de los sectores económicos en competencia, sino también las necesidades ambientales de los ecosistemas de agua dulce. El éxito de la gestión de los recursos de agua según la demanda puede favorecer la adaptación al cambio climático y la disminución del consumo de energía, ya que el consumo de agua y el de energía están estrechamente relacionados.

La necesidad de un sistema de gestión integrado y más sostenible de los recursos de agua en Europa se refleja ya en la política y la legislación. Por ejemplo, la Directiva Marco del Agua (DMA) promueve «el uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos disponibles». La Comisión Europea también reconoció este desafío en una Comunicación de 2007, en la que se describe la gravedad del problema y se plantea un conjunto de opciones de la política de gestión según la demanda para hacer frente a la escasez de agua y a la sequía en Europa.

Políticas y prácticas según la demanda

Para la gestión sostenible de los recursos de agua se requiere la implementación de cierto número de políticas y prácticas, incluyendo el precio del agua, el uso eficiente, la concienciación y la actuación contra las extracciones ilegales. La UE y sus Estados miembros pueden desempeñar un papel crucial en estas políticas, utilizando el gasto público y las subvenciones para crear y mantener las infraestructuras necesarias, promover la innovación tecnológica e incentivar el cambio de las pautas de conducta. En este sentido, muchas herramientas y enfoques que se describen a continuación pueden ser elementos de los programas de inversión pública del «Nuevo Tratamiento Ecológico» que algunos gobiernos están planteándose dentro de la respuesta a la actual crisis económica global.

En concreto, se trata de:

- facilitar un establecimiento adecuado del precio del agua en todos los sectores, incluyendo la instalación de contadores para el cobro del volumen realmente usado;
- asegurar que las subvenciones agrícolas están vinculadas con el uso más eficiente del agua;
- invertir en nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso del agua y modernizar la infraestructura de redes de distribución;
- orientar la inversión en sostenibilidad hacia las fuentes alternativas de agua allí donde la gestión según la demanda esté en explotación plena.

El establecimiento del precio del agua es un mecanismo clave para conseguir un uso más sostenible del agua en todos los sectores. También es fundamental que se cumpla lo requerido por la Directiva Marco del Agua respecto a que el precio de los servicios de agua debe reflejar su coste íntegro. Para incentivar un uso eficiente del agua, el precio debe estar vinculado al volumen real consumido. En este sentido, los contadores juegan un papel clave, por lo que deben ser instalados en todos los sectores. El éxito del establecimiento del precio del agua requiere un buen conocimiento de la relación entre el precio y el uso del agua en cada sector.

La agricultura de regadío es clave para la economía local (y en algunos casos nacional) en muchas partes de Europa. El cese del regadío puede acarrear el abandono de las tierras y la penuria económica en algunos lugares. Por lo tanto, la adopción de criterios de sostenibilidad y eficiencia en el uso agrícola del agua es crucial, no sólo para la protección del medio ambiente, sino también para que la agricultura siga siendo rentable. Por ello es imprescindible que los gobiernos nacionales inviertan en tecnología y en medidas de mejora de la eficiencia del uso del agua en la agricultura.

Pueden aplicarse varias prácticas para asegurar que la agricultura haga un uso más eficiente del agua, como por ejemplo la modificación del calendario de riegos para un mejor ajuste con las necesidades de agua de los cultivos, la utilización de sistemas de riego más eficientes como la aspersión o el goteo y la implementación de la práctica del riego deficitario. Además, el cambio de los tipos de cultivo puede disminuir la demanda de agua o desplazar los picos de demanda en la época más calurosa del verano, que es cuando la disponibilidad de agua es menor. El efecto de los métodos utilizados para economizar el agua en la agricultura es mayor cuando los agricultores reciben asesoramiento, información y formación. Los fondos nacionales y comunitarios, incluyendo los de la PAC, pueden jugar un papel importante en el futuro en relación con la financiación de medidas destinadas a disminuir el consumo de agua en la agricultura.

Los usos ilegales del agua, especialmente los agrícolas, constituyen un problema grave en algunas partes de Europa. Su solución es difícil pero necesaria desde el punto de vista político y técnico. Primero hay que detectar los puntos de extracción ilegales y después establecer la necesaria vigilancia para poder imponer las multas y sanciones de carácter disuasorio.

La introducción de cultivos energéticos no debe aumentar el consumo de agua, especialmente en las áreas con escasez de agua, sino que, por el contrario, debe ser una oportunidad para disminuir la demanda de agua en la agricultura. En este sentido, los cultivos energéticos de baja demanda de agua y los tolerantes

a la sequía son claramente preferibles a los de la actual primera generación de cultivos energéticos.

Los electrodomésticos modernos son mucho más eficientes en cuanto al uso del agua que sus predecesores, lo que supone una posibilidad de disminución de la demanda de agua de suministro público. Sin embargo, el aumento del uso de estas modernas tecnologías sigue siendo un desafío en Europa, donde unas normas más rigurosas y la concienciación de los consumidores deben jugar su papel. Las pérdidas en las redes de abastecimiento de agua son significativas en algunos lugares de Europa y su detección debe mejorarse para poder cuantificar con precisión las pérdidas y modernizar las redes de suministro y saneamiento.

Conseguir un suministro público de agua más sostenible depende en gran medida de la concienciación ciudadana en cuanto a la necesidad de economizar agua. Existen varios medios para informar a los consumidores privados, las empresas y el sector turístico, incluyendo las páginas web, los programas de educación escolar, los folletos de las autoridades locales y los medios de comunicación de masas. El etiquetado ecológico de los electrodomésticos y la certificación ecológica de los hoteles turísticos también pueden jugar un papel importante en la concienciación de los consumidores, ayudándoles a tomar decisiones fundamentadas sobre la eficiencia y la conservación del agua. En algunas áreas de Europa, la falta de agua puede afectar negativamente al sector turístico si no se adoptan pronto unas prácticas eficientes en cuanto al uso del agua.

Sigue existiendo un potencial significativo respecto a una mayor implementación de las prácticas del uso eficiente del agua en la industria. En este sentido, el reciclado de las aguas residuales de origen industrial puede jugar un papel importante, no sólo para disminuir el uso, sino también para disminuir la descarga de aguas residuales.

Oportunidades para ampliar el abastecimiento sostenible

Las medidas orientadas a la demanda y basadas en la conservación y la eficiencia constituyen la mejor vía de gestión de los recursos de agua en Europa. Sin embargo, en algunas regiones que han optado plenamente por esta vía, la demanda todavía puede ser mayor que la oferta. Sólo en estos casos, y de acuerdo con el criterio de «jerarquización de los usos del agua» de la Comunicación sobre la escasez de agua y la sequía, se puede recurrir a fuentes alternativas de abastecimiento y siempre que esto se haga de manera sostenible. Por ejemplo, las aguas residuales urbanas depuradas se utilizan poco en Europa, pero esta opción puede tener un desarrollo significativo, especialmente

para el riego de algunos cultivos y campos de golf, siempre que se cumplan las normas y directrices. Además, las aguas de lluvia y las aguas grises de baños, duchas, lavabos y cocinas pueden utilizarse en usos que no necesitan agua potable, como el riego de jardines y el llenado de las cisternas de los retretes.

La desalinización — el proceso de eliminación de las sales del agua de mar y las aguas salobres — ha llegado a ser una alternativa en rápido desarrollo frente a los embalses y los trasvases entre cuencas, especialmente en las áreas costeras del Mediterráneo.

Existen numerosas desaladoras en construcción o en proyecto en Europa, incluyendo la que suministrará agua potable a Londres. El consumo de energía y la generación de salmuera son sus principales inconvenientes ambientales, pero en la práctica pueden ser preferibles al agotamiento de los recursos de agua. La decisión sobre la conveniencia de construir una desaladora deberá tomarse teniendo en cuenta las circunstancias específicas de cada caso. En particular, deben considerarse la gestión sostenible, el uso de las energías renovables en el proceso de desalación y el aprovechamiento posterior de la salmuera, teniendo en cuenta todos los aspectos ambientales y las inversiones económicas y tecnológicas a largo plazo.

Iniciativas para comprender mejor estos problemas

Para avanzar en la gestión sostenible de los recursos de agua en Europa, es necesario disponer de una información fiable, actualizada y a una adecuada escala espacio-temporal. Este tipo de información tiene muchas ventajas: permite conocer mejor las causas, la localización y el alcance del estrés hídrico; ayuda en la identificación de las tendencias; facilita la evaluación de las medidas adoptadas para resolver el uso insostenible del agua; y da asistencia a los ciudadanos comunitarios en la resolución de los problemas del agua.

No sólo es preciso disponer de información a nivel de cuenca, sino también con periodicidad

mensual y estacional, ya que el promedio anual no refleja los picos de estrés hídrico que ocurren normalmente en los meses de verano. Por desgracia, los datos facilitados hasta la fecha a Eurostat y a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (que recopilan conjuntamente los datos que han permitido realizar estudios paneuropeos hasta la fecha) no están situados en una escala espacio-temporal óptima. Además, los programas nacionales de evaluación y seguimiento frecuentemente presentan deficiencias de información significativas y raramente están armonizados en función del tipo de dato recogido y el método empleado.

La reciente iniciativa conjunta de información de la AEMA, Eurostat y la Comisión Europea, trata de corregir estas deficiencias para mejorar la información sobre el agua en Europa y, en consecuencia, favorecer el proceso de seguimiento establecido en la Comunicación de la Comisión Europea de 2007 sobre la escasez de agua y la sequía. Los Estados miembros deberán presentar voluntariamente los datos periódicos sobre disponibilidad de agua y consumo multisectorial. Esta información debe ser generada y armonizada a la escala de cuenca y con periodicidad estacional. Esta iniciativa es crucial para la evaluación paneuropea de los recursos de agua, aunque supone un desafío para los órganos de información ambiental y estadística de los Estados miembros y para su interacción con las autoridades sectoriales pertinentes.

Por otra parte, la AEMA también ha comenzado a elaborar balances hídricos de cuenca para Europa, aplicando el sistema de contabilidad económico-ambiental del agua propuesto por la ONU. Este sistema puede utilizar datos medidos o estimados con modelos y puede suministrar cuentas mensuales con la situación del estrés hídrico a lo largo de todo el año. La metodología de las cuentas del agua también es capaz de distinguir entre el impacto de las extracciones y el de las sequías sobre la disminución de la disponibilidad de agua. Además, cuantifica la contribución de cada sector respecto al uso total de agua y establece un marco para el análisis económico de la gestión de los recursos de agua.

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Los ciudadanos europeos no sufren la devastadora escasez y los problemas de calidad del agua que se registran en otros lugares del planeta. En términos generales, el agua es un recurso relativamente abundante, con un volumen total de unos 2.270 km³ anuales en toda Europa. Más aún, sólo se explota el 13% de este recurso, lo que indica que existe agua suficiente para satisfacer la demanda. Sin embargo, la sobreexplotación por algunos sectores económicos representa una amenaza para los recursos de agua en muchos lugares de Europa donde, a menudo, la demanda es mayor que la disponibilidad de agua. En consecuencia, los problemas de escasez aparecen con una mayor frecuencia, incluyendo la disminución del caudal de los ríos, el retroceso de los lagos, el descenso del nivel de los acuíferos y la desecación de los humedales. Esta disminución general de los recursos de agua también tiene un efecto perjudicial para los hábitats acuáticos y los ecosistemas de agua dulce. Además, cada vez es más frecuente la intrusión marina en los acuíferos costeros de toda Europa, lo que disminuye la calidad del agua e impide el uso de las aguas subterráneas.

Los problemas de escasez de agua han sido históricamente más agudos en el sur de Europa y, aunque en general esta tónica continúa, la extensión y severidad del estrés hídrico está aumentando también en algunas partes del norte. El impacto de la escasez de agua es probable que se agrave en el futuro, aumentando la frecuencia y la severidad de las sequías a causa del cambio climático. No es lo mismo sequía que escasez de agua: la escasez es un fenómeno natural caracterizado por una disponibilidad de agua menor que la media espacial a largo plazo. El mayor problema de la escasez de agua y la sequía ha sido reconocido por una Comunicación de la Comisión Europea (CE, 2007a), que estima que al menos un 11% de la población europea y un 17% de su territorio se han visto afectados por la escasez de agua hasta la fecha y cifra el coste de las sequías que han afectado a Europa durante los treinta últimos años en unos 100.000 millones de euros.



Foto 1.1 © Irum Shahid/Stock.xchng

1.2 Objetivos

Este informe analiza la situación actual de los recursos de agua en Europa, con los siguientes objetivos básicos:

- describir las pautas y las tendencias espaciales en cuanto a la disponibilidad y la extracción del agua, identificando las regiones con mayor estrés hídrico y su impactos perjudiciales;
- aumentar el conocimiento sobre la problemática de la escasez de agua y la sequía y la necesidad de un cambio fundamental en la gestión de los recursos de agua aplicando los criterios de demanda y, por lo tanto, de sostenibilidad;
- explicar las buenas prácticas en todos los sectores económicos relevantes para una gestión de los recursos de agua según los criterios de demanda y sostenibilidad;
- analizar la calidad de la información actual sobre la disponibilidad y el uso del agua y detectar así las posibles lagunas de conocimiento.

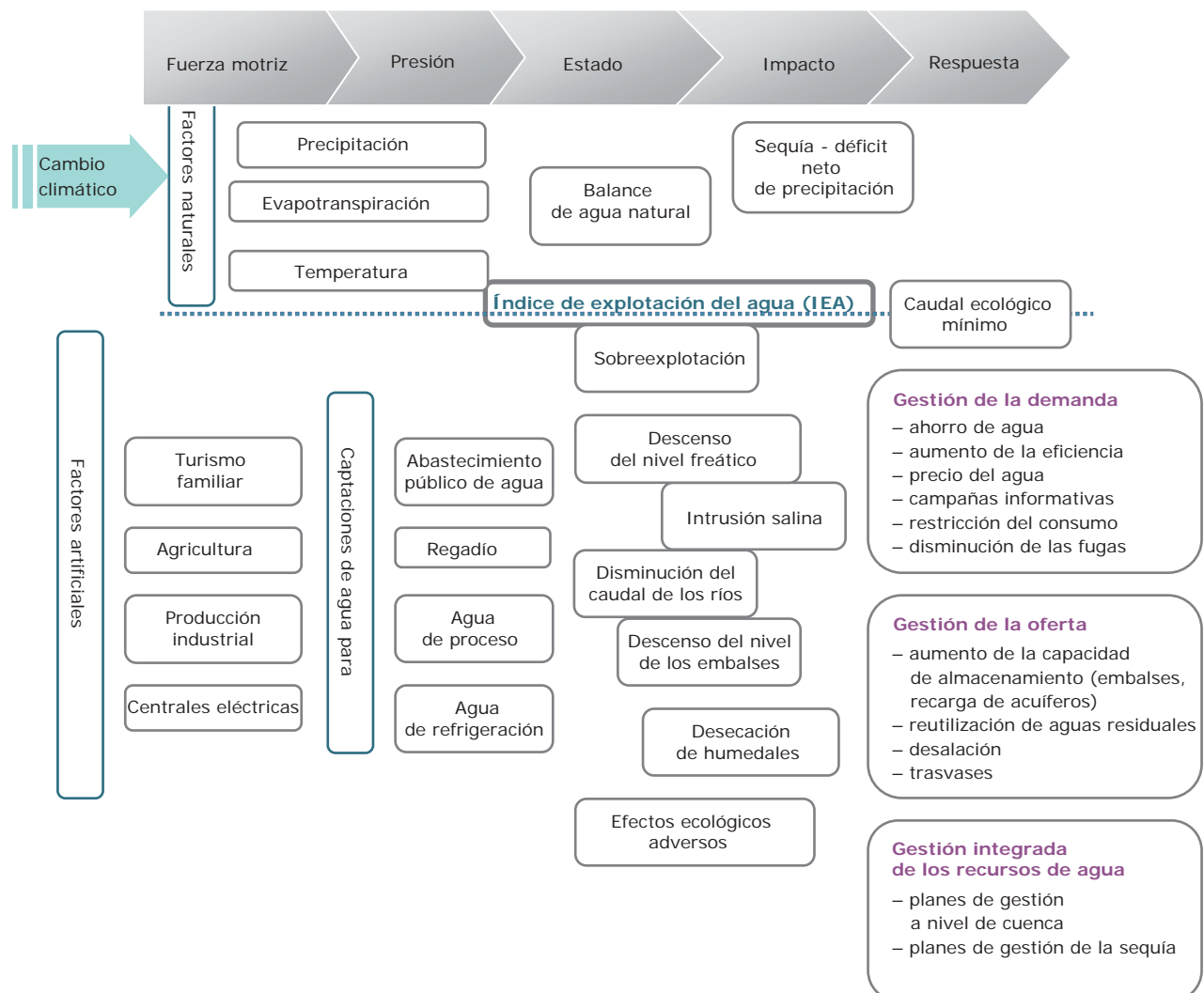
1.3 Descripción general

Este informe se basa con carácter general en el modelo FPEIR (fuerza motriz, presión, estado, impacto y respuesta), según lo ilustrado en la figura 1.1. De acuerdo con este modelo, la gestión de los recursos de agua tiene fuerzas motrices «naturales» y antropogénicas. Entre las primeras está la variación espacio-temporal de la disponibilidad de agua y el futuro impacto del cambio climático, especialmente respecto a la frecuencia y la severidad de las sequías (capítulo 2). Las fuerzas motrices antropogénicas se analizan primero de una manera general (capítulo 2) y después de forma más detallada en cada uno de los sectores de uso: la industria y la producción de energía (capítulo 4), el abastecimiento público de agua (capítulo 5) y la agricultura (capítulo 6). En cada uno de estos capítulos sectoriales se repasan las fuerzas motrices de las extracciones, la presión que éstas ejercen sobre los recursos de agua y las respuestas o medidas que pueden garantizar un uso del agua más sostenible en el futuro.

El efecto combinado de la extracción y la sequía sobre los recursos de agua en Europa se ilustra con ejemplos sobre el descenso del nivel de los acuíferos, el retroceso de los lagos, la disminución de los caudales fluviales, la desecación de los humedales y la creciente intrusión salina en los acuíferos costeros (capítulo 3). También se describe el impacto perjudicial sobre los ecosistemas de agua dulce.

El capítulo final (capítulo 7) resalta la necesidad futura de llevar a cabo una gestión sostenible e integrada de los recursos de agua en Europa. En este sentido es fundamental la aplicación de los criterios de demanda basados en la eficiencia y la conservación, teniendo el precio del agua un papel principal. También se resalta la necesidad de actuar contra el uso ilegal del agua. En el capítulo 7 también se describen las recientes iniciativas para mejorar la información sobre los recursos de agua de Europa, incluyendo la implementación de las cuentas del agua.

Figura 1.1 La gestión de los recursos de agua según el modelo FPEIR



Fuente: AEMA, 2008.

2 Disponibilidad, extracción y suministro de agua

En conjunto, Europa explota una parte relativamente pequeña de sus recursos renovables de agua. No obstante, los problemas de escasez aparecen en muchas regiones debido al desequilibrio entre la extracción y la disponibilidad. Este desequilibrio se deriva en principio de la falta de acoplamiento entre la distribución de la población de Europa y la disponibilidad de agua. En algunos lugares, este problema se agrava por una extracción excesiva.

La explicación de las pautas actuales y la gravedad de la escasez de agua en Europa requiere el conocimiento de la magnitud y la variación de la disponibilidad y la extracción a una escala espacio-temporal adecuada. Además, la predicción de futuros cambios en la disponibilidad de agua dulce requiere el conocimiento del probable impacto del cambio climático. En este capítulo se analiza la disponibilidad de agua dulce en Europa, utilizando la precipitación y el caudal de los ríos para describir la actual variación observada en el recurso, la tendencia histórica y la probable tendencia futura bajo la influencia del cambio climático, incluyendo las sequías. También se resumen las extracciones de agua en Europa, incluyendo las de los principales sectores implicados, su variación regional y los medios para garantizar la oferta. Finalmente, se presenta un indicador de la severidad y la variación espacial del estrés hídrico en Europa, con carácter previo a la inclusión en el capítulo 3 de un análisis más detallado del impacto de la extracción y el suministro de agua.

2.1 Disponibilidad de agua

2.1.1 Precipitación

La influencia combinada de la latitud, la topografía y la distancia al mar explica que la distribución de la precipitación sea muy variable en Europa, desde menos de 400 mm anuales en algunas zonas del Mediterráneo y las llanuras centrales de Europa hasta más de 1.000 mm anuales en las costas del Atlántico desde España hasta Noruega, en los Alpes y en su prolongación oriental (CCI, 2006). Sin embargo, gran parte de esta precipitación se consume por

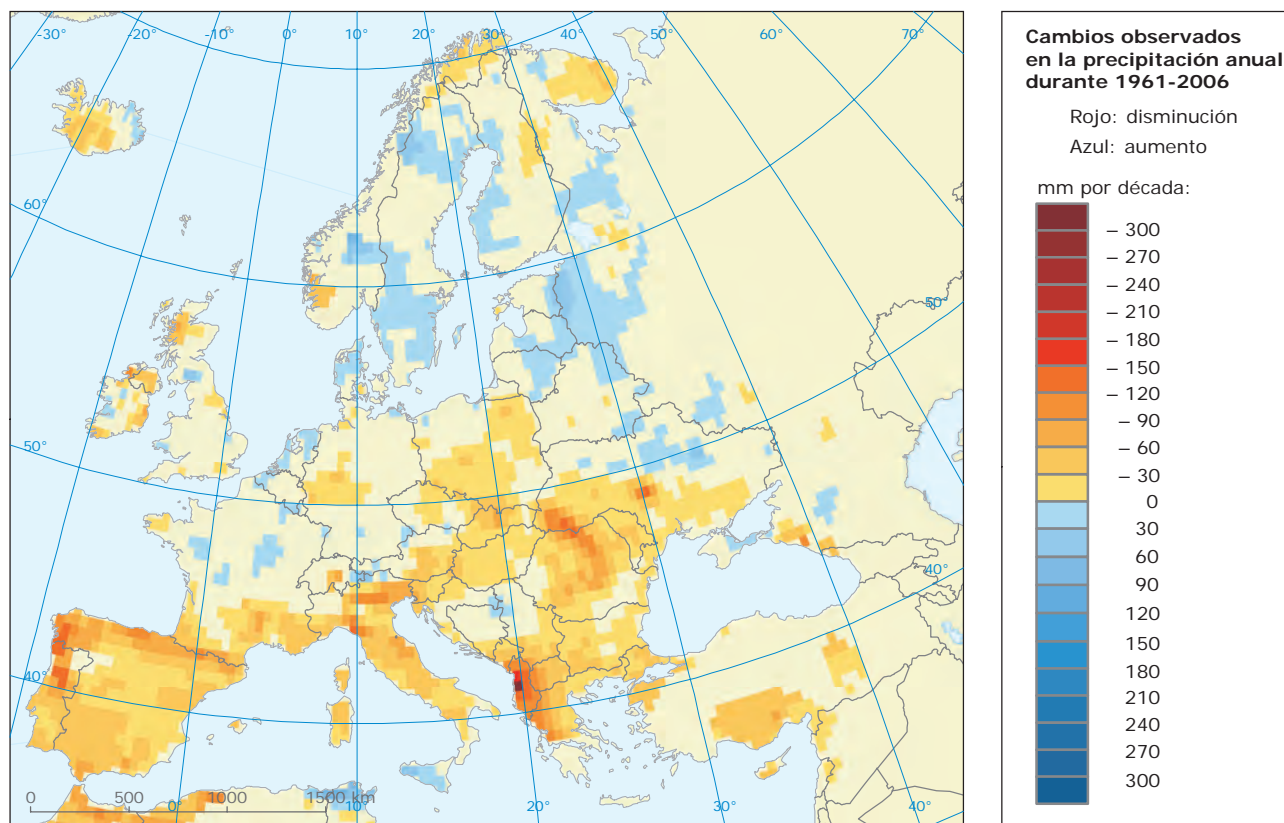
evapotranspiración, de manera que la restante «lluvia efectiva» no supera los 250 mm anuales en buena parte de Europa. En algunas zonas del sur de Europa, la lluvia efectiva es inferior a 50 mm anuales (CCI, 2006).

La precipitación en Europa aumentó en general a lo largo del siglo XX con un promedio del 6 - 8% entre 1901 y 2005. Sin embargo, se observan grandes diferencias geográficas con una notable disminución en el Mediterráneo y Europa oriental (AEMA, 2008; mapa 2.1). Además, han ocurrido algunos cambios estacionales, con un notable aumento de la precipitación invernal en la mayor parte de Europa occidental y septentrional y una disminución en el sur de Europa y parte de Europa central.

Los modelos climáticos predicen un aumento general de la precipitación en el norte de Europa y una disminución en el sur. En términos estacionales, se estima que la precipitación invernal sufrirá un fuerte aumento en el centro y norte de Europa, mientras que en muchas zonas los veranos serán más secos (AEMA, 2008). Además se pronostica para los próximos decenios un aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías en gran parte de Europa. Así lo indica, por ejemplo, la predicción del número de días consecutivos sin lluvia, definidos como días con precipitación menor de 1 mm (figura 2.1; Sillmann y Roeckner, 2008). El número máximo de días sin lluvia en Europa meridional se estima que aumente notablemente durante el siglo XXI, mientras que en Europa central el período más prolongado sin lluvia se estima en una semana. Por lo tanto, las regiones europeas que ya son secas lo serán todavía más.

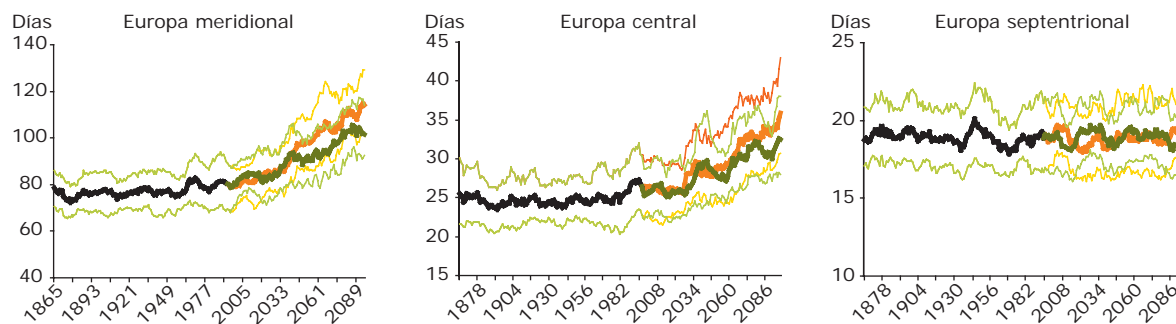
La sequía es un fenómeno natural caracterizado por una disponibilidad de agua por debajo de los promedios en duración y extensión. Afecta a todos los componentes del ciclo hidrológico y se manifiesta en todos sus aspectos, desde la escasa humedad de la tierra y el descenso de los niveles freáticos hasta la desecación de los humedales y la disminución del caudal de los ríos. La sequía no debe confundirse con la aridez, que es la característica normal y a largo plazo de un clima seco. También es diferente de la escasez, que es el desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua.

Mapa 2.1 Cambios observados en la precipitación anual de 1961-2006



Fuente: Datos de dos proyectos: ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org>) y ECA&D (<http://eca.knmi.nl>).

Figura 2.1 Simulación del número máximo de días consecutivos sin lluvia en promedio territorial dentro de diferentes regiones europeas (1860-2100)



Fuente: Sillmann y Roeckner, 2008.

2.1.2 Caudal de los ríos

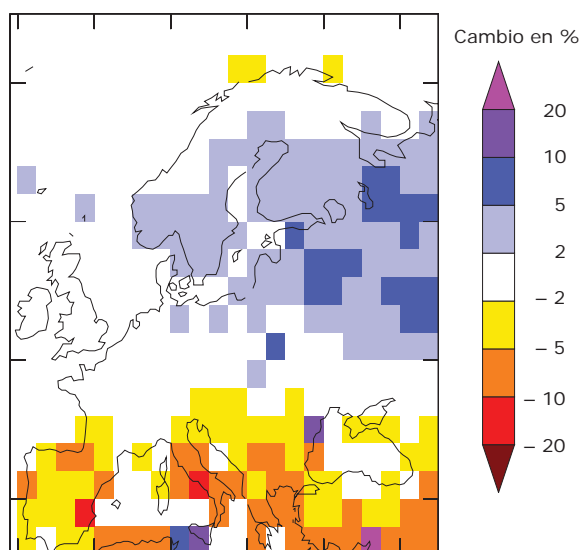
El caudal de los ríos es un indicador de la disponibilidad de los recursos de agua dentro de una cuenca. En sentido muy amplio, tiene correlación con la cantidad de agua almacenada en los lagos, acuíferos y humedales. La variación del caudal de los ríos viene determinada fundamentalmente por la precipitación y la temperatura, además de características de la cuenca, como la geología, los suelos y la cubierta del terreno.

El caudal medio de los ríos de Europa es de unos 450 mm/año, pero esta cifra varía significativamente según las zonas, desde menos de 50 mm/año en el sur de España hasta más de 1.500 mm/año en algunas partes de la costa atlántica y los Alpes. La variación estacional del caudal de los ríos difiere dentro de Europa. Por ejemplo, en el sur, el caudal de los ríos puede ser mínimo durante los meses de verano, con episodios ocasionales de intensa precipitación que provocan dramáticos aumentos aunque de corta duración. Este régimen de caudales dificulta mucho el mantenimiento de un suministro fiable si el agua no se almacena, por ejemplo, en embalses. En Europa occidental, la variación del caudal es mucho menor a lo largo del año debido al clima atlántico. En el norte y el este, gran parte de la precipitación invernal cae en forma de nieve y por ello, el caudal de los ríos aumenta en gran medida durante el deshielo primaveral. Las características hidrogeológicas también son importantes para determinar la estacionalidad del régimen hidrográfico; por ejemplo, los ríos alimentados fundamentalmente por acuíferos tienden a tener mayor caudal durante la estación seca que los dependientes de la escorrentía superficial.

Existe cierta evidencia de los cambios atribuidos al clima en cuanto al caudal anual de los ríos (mapa 2.2) y la estacionalidad de los caudales dentro de Europa durante el siglo XX. El caudal anual ha presentado una tendencia al alza en el norte de Europa, con aumento principalmente en invierno, y a la baja en el sur de Europa. Sin embargo, determinar la influencia del cambio climático en las alteraciones históricas de los caudales no es fácil, ya que el balance hídrico de la mayoría de las cuencas hidrográficas de Europa ha sido objeto de una amplia y progresiva influencia antropogénica durante el siglo XX, incluyendo la extracción y la regulación del régimen de caudales.

Se estima que el caudal anual de los ríos disminuya en el sur y el sudeste de Europa y que aumente en el norte y el nordeste (Arnell, 2004; Milly *et al.*, 2005; Alcamo *et al.*, 2007; Environment Agency, 2008a). También es previsible que la estacionalidad del caudal de los ríos registre grandes cambios, con grandes diferencias dentro de toda Europa. El caudal invernal y el primaveral se supone que aumentarán en la mayor parte de Europa, excepto en la mayoría de las regiones situadas en el sur y el sudeste. El caudal en verano y

Mapa 2.2 Cambio modelizado del caudal anual de los ríos (en porcentaje) para el periodo 1971-1998 respecto a 1900-1970



Nota: Este mapa se ha basado en un conjunto de 12 modelos climáticos y se ha validado con la observación de los caudales de los ríos.

Fuente: Milly *et al.*, 2005.

otoño se supone que disminuirá en casi toda Europa, excepto en las regiones del norte y el nordeste, donde se espera que el caudal aumente en otoño (Dankers y Feyen, 2008). Se prevé que la disminución del caudal en verano será mayor en el sur y el sudeste de Europa, en consonancia con el pronóstico de una mayor frecuencia y severidad de las sequías dentro de esta región.

2.1.3 Almacenamiento

El almacenamiento o retención del agua en la nieve y los glaciares es uno de los componentes básicos del ciclo hidrológico. Los cambios en estas reservas de agua pueden tener un impacto importante sobre la disponibilidad de agua, tanto estacionalmente como a largo plazo. En las regiones dominadas por la nieve, como los Alpes, Escandinavia y el Báltico, se estima que la disminución de la retención invernal en forma de nieve, la anticipación del deshielo y la reducción de las precipitaciones estivales mermarán el caudal de los ríos en verano (Andréasson *et al.*, 2004; Jasper *et al.*, 2004; Barnett *et al.*, 2005), que precisamente es la época con mayor demanda de agua. Los Alpes, descritos a menudo como la «torre de agua de Europa», suministran actualmente el 40% del agua dulce de Europa. Sin embargo, la región alpina ha experimentado un aumento de la temperatura de 1,48°C en los últimos cien años, el doble del promedio mundial. Los glaciares se funden, el nivel de las nieves

permanentes asciende y el sistema montañoso registra un cambio gradual en la recepción y acumulación de agua en invierno y su distribución durante los meses de verano (AEMA, 2009).

2.2 Extracción

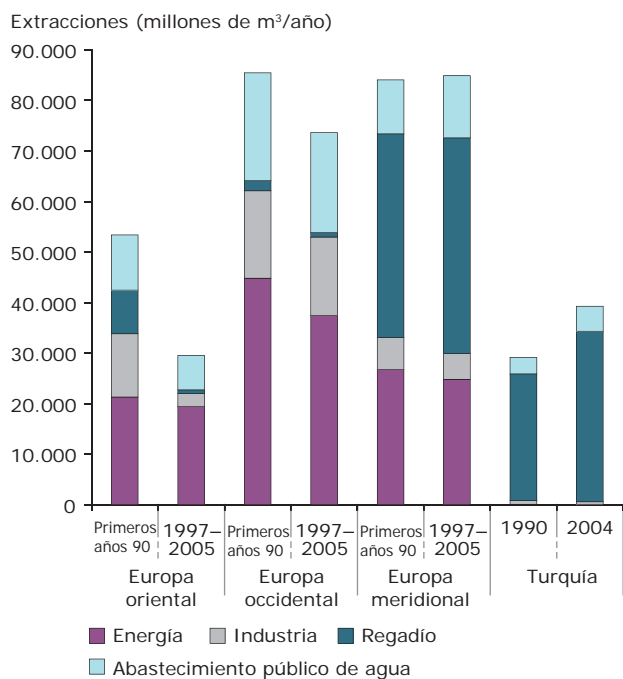
Por «extracción» se entiende el volumen de agua que se saca desde un recurso natural o modificado (por ejemplo, los embalses) a lo largo de un período de tiempo concreto, normalmente un año natural. Sin embargo, este concepto no define qué parte de este volumen retorna a una masa de agua después de ser usado o cuánto es «consumido» por su incorporación en un producto final o por evaporación. El uso consuntivo de agua varía significativamente entre los sectores. Por ejemplo, casi toda el agua extraída para la generación de electricidad retorna a una masa de agua. Por el contrario, una gran parte del agua extraída por la agricultura se consume por evapotranspiración o por su incorporación en la vegetación.

La extracción total de agua dulce en Europa se cifra en unos 288 km³/año, lo que supone un promedio de unos

500 m³ per cápita/año. En total, el 44% de la extracción total se destina a la producción de energía, el 24% a la agricultura, el 21% al abastecimiento público de agua y el 11% a la industria, aunque hay una gran variación regional. En los países orientales, el mayor usuario de agua es el sector de generación eléctrica (>50%), seguido del abastecimiento público (20%). En los países occidentales predomina la extracción para generación eléctrica (52%), seguida del abastecimiento público (29%) y la industria (18%). En los países meridionales, la mayor parte de la extracción se destina a la agricultura, concretamente al regadío, representando un 60% del total extraído y hasta un 80% en algunas zonas.

En los últimos años se observan ciertas tendencias sectoriales en cuanto a extracción de agua (figura 2.2). La extracción para el riego y la industria ha disminuido en Europa oriental desde principios de la década de 1990, mientras que ha aumentado la extracción para el riego en Turquía. En Europa occidental se observa una ligera disminución de las extracciones para la industria y la generación de electricidad. Estas tendencias y sus fuerzas motrices se analizan con más detalle en los capítulos sectoriales de este informe.

Figura 2.2 Extracción del agua para el riego, la industria manufacturera, la refrigeración de instalaciones energéticas y el abastecimiento público de agua (millones de m³/año) a principios de la década de 1990 y durante el período 1997-2005



Fuente: Indicador básico de la AEMA CSI 18, basado en datos de la tabla de Eurostat: Extracciones anuales de agua por fuente y por sector.

2.2.1 Fuentes de agua

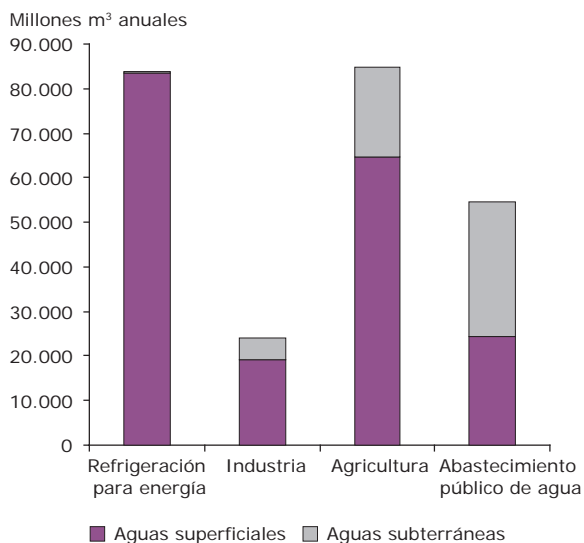
Las fuentes de agua dulce incluyen los cuerpos naturales, es decir, las aguas superficiales (ríos y lagos) y las subterráneas; la producción por desalación; la recolección de aguas pluviales; y la reutilización de aguas residuales. En el conjunto de Europa, el agua superficial es la fuente principal de agua dulce, sobre todo porque se puede extraer con facilidad, en gran cantidad y con un coste relativamente bajo. Por estas razones, representa el 81% de la extracción total.

Prácticamente todas las extracciones para la producción de energía y más del 75% de la extraída por la industria y la agricultura provienen de fuentes superficiales (figura 2.3). Sin embargo, en el caso de la agricultura probablemente se subestime la importancia de los acuíferos debido a la extracción desde pozos ilegales. Las aguas subterráneas son la fuente principal del abastecimiento público (alrededor del 55%) porque en general son de mejor calidad que las aguas superficiales. Además, en algunos lugares su suministro es más fiable que el de las aguas superficiales durante los meses de verano.

2.3 Suministro

Todos los sectores que extraen agua requieren un suministro fiable con agua suficiente incluso en períodos prolongados de baja precipitación. Por este motivo, es habitual el almacenamiento de aguas

Figura 2.3 Fuentes de extracción de agua dulce por sectores (millones de m³/año)



Fuente: AEMA, basada en los datos de la tabla de Eurostat de extracciones anuales de agua por fuente y sector.

superficiales en embalses y también la transferencia de agua entre cuencas hidrográficas mediante trasvases. Además, la recarga artificial de los acuíferos con agua de los ríos, especialmente en las épocas de gran caudal ha sido una forma tradicional para poder mejorar el suministro. También está aumentando en Europa la producción de agua dulce en plantas desaladoras.

2.3.1 Embalses

Los embalses, que se construyen para represar los ríos o modificar los lagos naturales, almacenan aguas superficiales para garantizar el suministro de agua. Los embalses artificiales se han construido en Europa durante centenares de años, datando del siglo II el más antiguo aún activo. La altura de las presas y la capacidad de almacenamiento de los embalses ha aumentado considerablemente durante los dos últimos siglos. Estos cambios han tratado de facilitar la producción de energía hidroeléctrica, controlar las inundaciones y suministrar agua, principalmente para el consumo humano, para la producción industrial y para el riego de los cultivos.

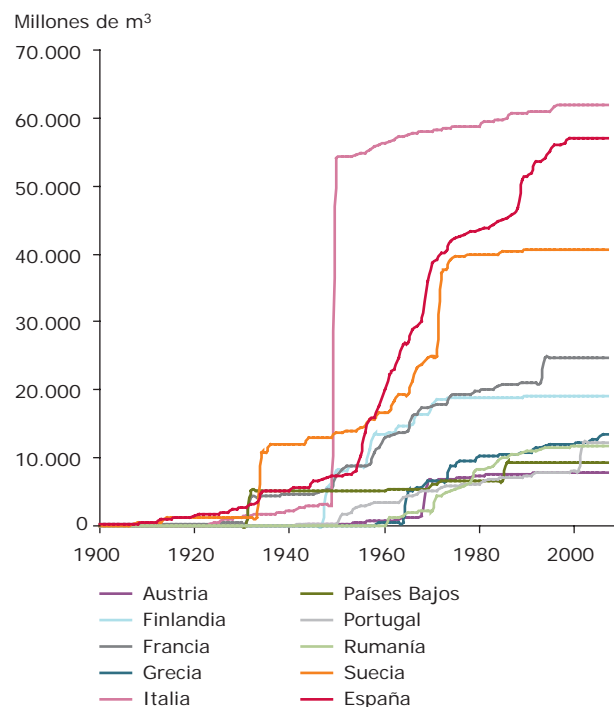
Según la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), en Europa existen actualmente unas 7.000 grandes presas (es decir, presas con altura mayor de 15 m y capacidad mayor de 3 hm³). Los países con mayor número de grandes embalses son España (unas 1.200), Turquía (610), Noruega (360), Italia

(570), Francia (550), Reino Unido (500) y Suecia (190). Muchos países europeos cuentan además con numerosos embalses de menor tamaño.

Los embalses europeos tienen una capacidad total de unos 1.400 km³, lo que representa 20% del total de los recursos disponibles de agua. Tres países que cuentan con unos recursos de agua relativamente limitados, Rumania, España y Turquía, disponen de una capacidad de embalse suficiente para almacenar más del 40% de sus recursos renovables. Otros cinco países, Bulgaria, Chipre, República Checa, Suecia y Ucrania cuentan también con una importante capacidad de almacenamiento, aunque con una capacidad significativamente menor (20 - 40%).

El número y el volumen de los embalses europeos ha aumentado rápidamente en el siglo XX (figura 2.4). Dicho aumento se ha ralentizado considerablemente en los últimos años, principalmente porque la mayoría de los lugares adecuados para represar los ríos ya han sido utilizados, aunque también a causa de la creciente inquietud que suscita el impacto ambiental de los embalses.

Figura 2.4 Aumento del total nacional de la capacidad de embalse (millones de m³) en determinados Estados miembros de la UE durante el siglo XX



Fuente: AEMA. Eldred 2.08 (Base de datos de lagos, presas y embalses europeos), 2008.

2.3.2 *Trasvase entre cuencas*

Las opciones que tratan de garantizar y aumentar el suministro de agua incluyen los trasvases desde una cuenca hidrográfica a otra. Los trasvases entre cuencas se utilizan en Europa desde la época de los romanos, que construyeron su primer acueducto (Aqua Appia) en 312 a.C. para poder llevar agua a Roma desde un punto situado a 16,4 Km. de distancia. Se pueden encontrar restos de acueductos romanos, algunos todavía en funcionamiento, desde el este en Turquía hasta el oeste en España, Francia y Reino Unido. En épocas más recientes, los trasvases entre cuencas se han llevado a cabo principalmente en la región europea del Mediterráneo y a veces han requerido la construcción de cientos de kilómetros de canales artificiales con hormigón. Recientemente y para paliar situaciones perentorias de escasez temporal, el agua dulce también ha podido ser transportada por vía marítima en barcos, como se hizo en Chipre en 2008.

2.3.3 *Recarga artificial de acuíferos*

La recarga artificial de acuíferos es un proceso de almacenamiento en el subsuelo de aguas procedentes de fuentes superficiales. Este proceso aumenta los recursos subterráneos de filtración a través del suelo y a la vez, puede mejorar la calidad del agua de superficie. El agua utilizada para la recarga puede ser la excedentaria de las tormentas, el agua de los ríos o las aguas residuales depuradas. La tecnología incluye la infiltración superficial, la inyección en pozos, los estanques artificiales y los tanques de percolación. Para elegir el sistema hay que tener en cuenta aspectos como la topografía, el tipo de suelo y la calidad y disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas. Para cualquier método elegido, es esencial asegurar un pretratamiento de las aguas de superficie que sea suficiente para evitar la contaminación del suelo y obtener una calidad de las aguas subterráneas que sean adecuadas para cualquier uso posterior.

La recarga artificial de los acuíferos se ha practicado con amplitud en Europa desde el siglo XIX y hoy día se utiliza para obtener agua potable en Bélgica, Chipre, la República Checa, Dinamarca, Finlandia, Grecia, los Países Bajos, Polonia y España. En Finlandia, el 12% del agua generada por los servicios municipales de abastecimiento tiene su origen en acuíferos con recarga artificial y se estima que este porcentaje aumentará hasta un 25% en 2030 (Isomäki, 2007). En Chipre, un 10% del agua potable se obtiene de acuíferos con recarga artificial de acuíferos subálveos con aguas de desembalse. Además, tanto el agua de los embalses como las aguas residuales depuradas que se utilizan para recargar artificialmente acuíferos, posteriormente son bombeadas para el riego agrícola.

El uso de aguas residuales depuradas con este fin se estima que aumentará notablemente en Chipre en los próximos años. La recarga artificial de los acuíferos costeros en Chipre también se utiliza para controlar la intrusión marina.

2.3.4 *Desalinización*

La desalinización es el proceso de eliminación de las sales del agua de mar o del agua salobre. La desalinización ha llegado a ser una alternativa en rápido aumento frente a las fuentes de agua más tradicionales, especialmente en algunas regiones del mundo afectadas por estrés hídrico. Las dos tecnologías empleadas por las plantas desalinizadoras convencionales — la evaporación y la ósmosis inversa (consistente en hacer pasar el agua por una membrana semipermeable que retiene las sales disueltas) — requieren gran cantidad de energía. Por ejemplo, una planta de ósmosis inversa suele necesitar entre 1,5 y 2,5 kWh de electricidad para producir 1m³ de agua (Service, 2006). Sin embargo, el consumo de energía de las plantas desalinizadora ha disminuido notablemente en los últimos años y aún puede disminuir más en el futuro gracias al desarrollo de nuevas técnicas basadas en la nanotecnología y el uso de nuevos polímeros. Además de la desalinización, la ósmosis inversa tiene otros usos en la descontaminación, la purificación y el reciclado de agua.

España es el mayor usuario de las tecnologías de desalinización del mundo occidental. En la clasificación mundial se sitúa en cuarta posición, por detrás de Arabia Saudí, los Emiratos Árabes Unidos y Kuwait, figurando en primer lugar entre los usuarios de agua desalinizada en la agricultura. Sus 700 plantas producen unos 1.600.000 m³ diarios de agua, suficientes para abastecer a unos 8 millones de personas (WWF, 2007b). Otros países mediterráneos, como Chipre, Grecia, Italia, Malta y Portugal, también usan cada vez más el agua desalinizada como un recurso adicional para el suministro público y para abastecer los centros turísticos en las zonas áridas. En Malta, por ejemplo, la desalinización representa un 57% del suministro de agua. En Chipre se han construido dos desalinizadoras permanentes con una capacidad total prevista de 120.000 m³ diarios y también se ha instalado una desalinizadora móvil para unos 20.000 m³ diarios. El Gobierno de Chipre planea instalar otras desalinizadoras adicionales (móviles y permanentes) en Limassol, Paphos y Vasilikos, con una capacidad prevista de unos 130.000 m³ diarios. La desalinización también se utiliza en zonas normalmente consideradas no áridas; por ejemplo, la compañía del agua de Londres está realizando una inversión de unos 300 millones de euros para construir su primera planta desalinizadora (Thames Water, 2009).

2.4 Métodos alternativos de abastecimiento

Todos los métodos utilizados habitualmente para garantizar el suministro de agua — los embalses, los trasvases entre cuencas y la desalinización— tienen impactos ambientales negativos (como se explica en el capítulo 3); por lo tanto, la expansión continuada de los embalses y trasvases no es particularmente sostenible a largo plazo. De ahí que en los últimos años hayan cobrado cada vez mayor importancia otros métodos alternativos potencialmente más sostenibles, incluyendo la recogida de aguas pluviales, la reutilización de aguas residuales depuradas y la reutilización de aguas grises (aguas residuales domésticas, salvo las de los retretes). Aunque ninguno de estos métodos conlleva una disminución del consumo, todos ellos pueden frenar la extracción desde las fuentes convencionales.

Las aguas residuales urbanas depuradas constituyen un suministro fiable y relativamente invariable a los períodos de sequía o baja precipitación. Sin embargo, Europa no ha invertido demasiado hasta la fecha en el aprovechamiento de las aguas residuales, alcanzando el volumen reutilizado total de unos 964 Mm³/año, lo que representa sólo un 2,4% del total de efluentes depurados (Grupo de Trabajo EUWI sobre reutilización de aguas residuales del Mediterráneo, 2007). La mayor parte de este volumen corresponde a España con unos 347 Mm³ anuales, mientras que Italia usa unos 233 Mm³/año. La agricultura es el principal destino de las aguas residuales depuradas no sólo en ambos países (ver capítulo 6), sino también en el conjunto de Europa, donde supone un 75% (Grupo de Trabajo sobre reutilización de aguas residuales de EUWI MED, 2007). También se utilizan en el riego de campos de golf y terrenos municipales y su uso aumenta en la industria.

Las aguas grises sin depurar (ver capítulo 5) se recogen, se almacenan y se reutilizan para la carga de las cisternas de los retretes y el riego de los jardines. La captación de aguas pluviales (capítulo 5) es el proceso de recolección, canalización y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie impermeable, como un tejado, para un uso posterior. El agua captada se suele utilizar en jardinería o para lavar coches, aunque también puede ser útil en otros usos que no requieren agua potable, por ejemplo en las lavadoras y retretes.

En los capítulos sectoriales de este informe se describen con más detalle estas alternativas que son potencialmente más sostenibles, junto a otras medidas para disminuir la demanda de agua y aumentar la eficiencia de su uso.

2.5 Índice de explotación del agua

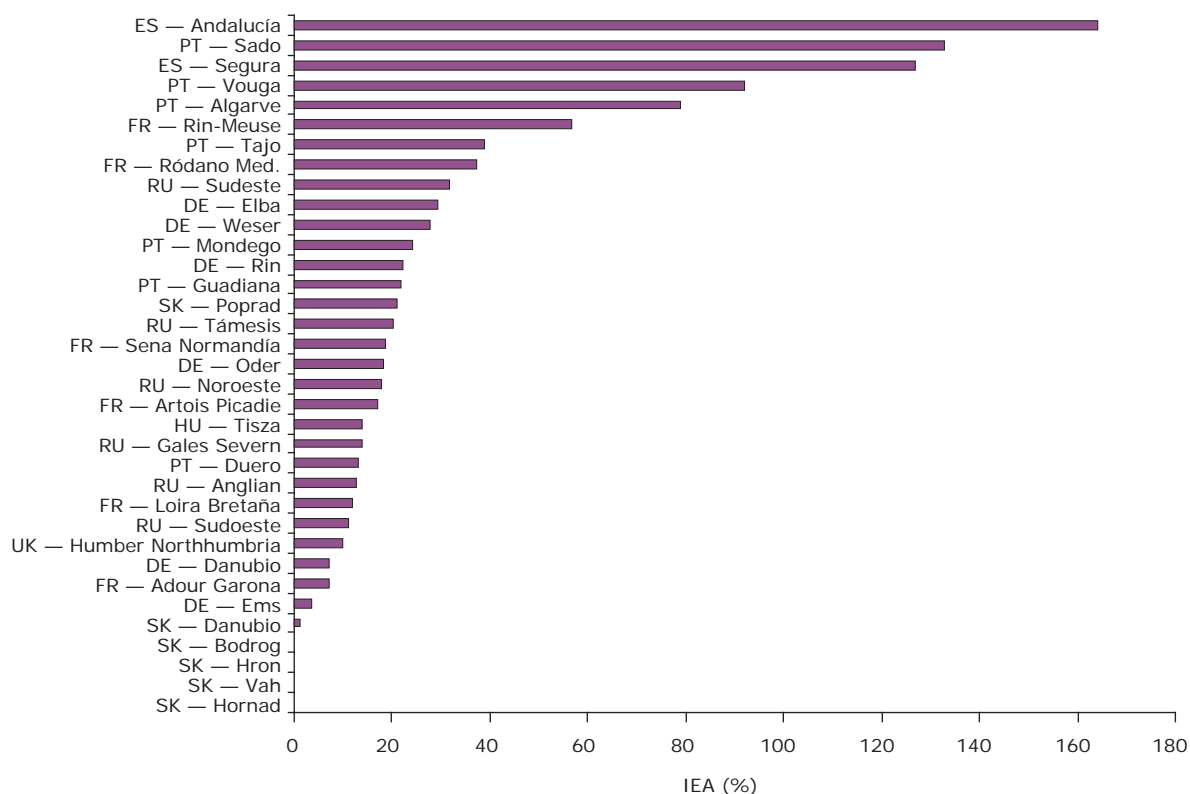
Un indicador relativamente sencillo de la presión o el estrés que sufren los recursos de agua dulce es el índice de explotación del agua (IEA), que se calcula anualmente como relación porcentual entre la extracción total de agua y los recursos renovables totales. Un IEA mayor del 20% indica que los recursos de agua padecen estrés y un valor mayor del 40% indica que el estrés hídrico es severo y un uso claramente insostenible del recurso (Raskin *et al.*, 1997).

Las estimaciones nacionales del IEA revelan que Chipre (45%) y Bulgaria (38%) son los países europeos que alcanzan los valores más elevados, seguidos de Italia, España, la antigua República Yugoslava de Macedonia y Malta. Sin embargo, estas estimaciones nacionales no reflejan el alcance y la severidad de la escasez que padecen sus regiones subnacionales. Por ejemplo, aunque España tiene un IEA del 34%, las cuencas hidrográficas meridionales de Andalucía y del río Segura presentan un IEA extremadamente alto, con valores del 164% y el 127%, respectivamente.

En 2007, trece Estados miembros facilitaron información sobre el IEA de sus cuencas hidrográficas para la evaluación realizada por la Comisión Europea (2007b) sobre la escasez de agua y la sequía. Estos datos (figura 2.5) indican que varias cuencas hidrográficas del sur de Europa registran IEA extremadamente altos y que algunas cuencas de otras regiones más septentrionales alcanzan valores en torno al 20%, indicando cierto estrés hídrico.

Aunque el cálculo del IEA a la escala de cuenca hidrográfica ofrece un detalle adicional, este análisis todavía no llega a reflejar plenamente la presión sobre los recursos hídricos locales. Esto se debe principalmente a que el IEA utiliza los datos anuales y, por lo tanto, no refleja las variaciones estacionales en cuanto a la disponibilidad de los recursos y las extracciones de agua. Por ejemplo, durante los meses de verano en el sur de Europa, el pico de demanda de agua de los sectores agrícola y turístico coincide con el tiempo de mínimo recurso hídrico natural. El IEA en promedio anual no refleja esta situación y por lo tanto no puede reflejar la amenaza potencial para los ecosistemas de agua dulce. Por otra parte, el IEA puede sobreestimar el estrés hídrico al no tener en cuenta el uso consuntivo del agua. Por ejemplo, en el caso de la producción de energía, casi toda el agua extraída retorna al sistema de recurso después de ser usada.

Figura 2.5 IEA de determinadas cuencas hidrográficas de Europa



Fuente: AEMA, según los datos remitidos a la Comisión Europea, 2007.

A pesar de sus limitaciones, el IEA sigue siendo útil como indicador de la escasez de agua, existiendo cierta correlación geográfica entre las cuencas hidrográficas con mayor valor del IEA y las que, según informes

de varias fuentes, presentan cierta disminución de sus recursos de agua con sus consiguientes efectos adversos, algunos de los cuales se describen en el capítulo siguiente.

3 Impacto de la extracción y el suministro de agua

Si bien las variaciones naturales en el ciclo hidrológico, como las sequías y las estaciones poco lluviosas, son claves para determinar la disponibilidad de los recursos de agua, la extracción y el almacenamiento pueden serlo en cuanto al agravamiento de los problemas de escasez de agua.

Una disminución de los recursos de agua puede traducirse en disminución del caudal de los ríos, descenso del nivel de agua en los lagos y los acuíferos y desecación de humedales. Dada la conexión hidrológica de las masas de agua, el exceso de extracción en uno cualquiera puede afectar a las demás. Por ejemplo, los ríos, los lagos y los humedales pueden depender en gran medida de las aguas subterráneas, sobre todo en los meses de verano, que es cuando aportan un caudal base que puede ser crítico para la supervivencia de la biota propia de las aguas de superficie. La escasez de agua también perjudica a los ecosistemas terrestres, afectando a la vida animal y vegetal.

Como se explica en los siguientes apartados de este capítulo, la extracción de agua tiene un impacto negativo que va más allá del daño causado en los ecosistemas acuáticos y terrestres. La extracción puede empeorar la calidad del agua al disminuir la capacidad de dilución de los contaminantes. En el caso de los acuíferos costeros, una extracción excesiva puede favorecer la intrusión marina, disminuyendo la calidad de las aguas subterráneas e imposibilitando su uso. Un fuerte descenso de nivel en los acuíferos también puede provocar una subsidencia en el terreno, con el consiguiente impacto geomorfológico. Además, una desecación general de los horizontes superficiales del suelo puede favorecer su impermeabilización por sellado, favoreciendo la escorrentía superficial durante las lluvias lo cual aumenta el desplazamiento de contaminantes hacia los cursos de agua cercanos. Por desgracia, el suministro tradicional con una gestión orientada a la oferta de agua está directamente asociado con una serie de impactos negativos en el ambiente acuático.

3.1 Agotamiento de los recursos de agua

Los efectos de la sobreexplotación de los recursos de agua varían considerablemente en función del volumen y la estacionalidad de la extracción, el



Foto 3.1 © Stock.xpert

volumen y el lugar de retorno del agua, la sensibilidad del ecosistema y determinadas circunstancias locales y regionales. El momento de la extracción tiene una importancia decisiva. Los picos de extracción para la agricultura y el turismo (principalmente a través de la red de abastecimiento público de agua) suelen ocurrir en los meses de verano, cuando la disponibilidad de agua se encuentra por lo general al mínimo. Como resultado, la probabilidad de un impacto negativo, por ejemplo sobre los ecosistemas acuáticos, es máxima.

El desequilibrio entre la demanda y la disponibilidad de agua es más grave cuando la extracción se realiza durante un período prolongado sin lluvia o en época de sequía. En estas circunstancias puede ocurrir una retroalimentación negativa, especialmente en el caso del uso agrícola del agua porque la falta de lluvia provoca el aumento de la extracción para satisfacer las necesidades de los cultivos. El equilibrio entre la extracción y la disponibilidad de agua ha alcanzado actualmente un nivel crítico en muchas áreas de Europa y, según se expone en los ejemplos siguientes, la combinación de un período de sequía con la sobreexplotación del recurso por algún sector económico suele ser el factor causal de dicha situación crítica.

3.1.1 Chipre

El suministro anual de agua por los servicios públicos de Chipre ha aumentado constantemente durante los

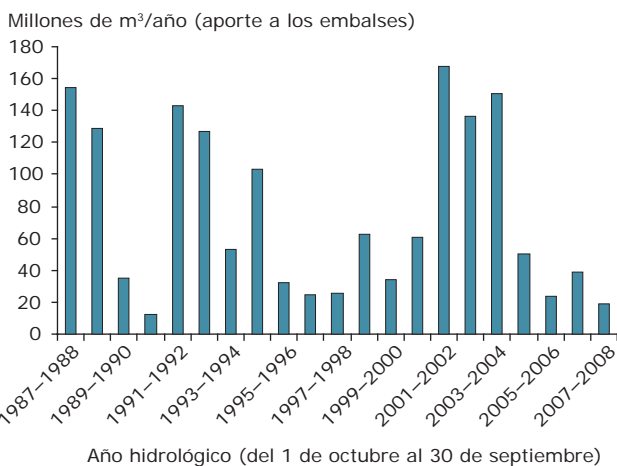
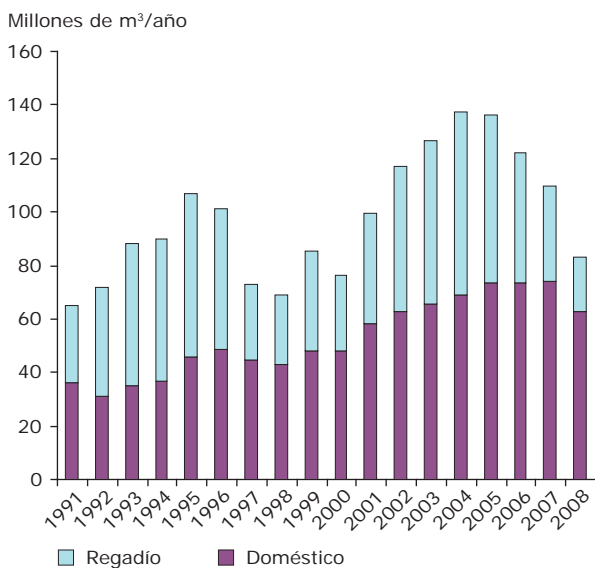
últimos 20 años y desde 2001 supera los 80 millones de m³/año (gráfico superior de la figura 3.1). El 57 - 70% de esta cifra se destina a fines domésticos y el resto al regadío. El suministro doméstico incluye agua de desalinización, con unos 32,6 millones de m³ en 2008. El volumen de agua procedente de las disponibilidades anuales en el recurso natural varía ampliamente desde unos 10 - 40 millones de m³ en los años secos hasta unos 120 - 170 millones de m³ en los años lluviosos, según queda reflejado en el caudal de aporte a los embalses (gráfico inferior de la figura 3.1). Por lo tanto, en los años húmedos Chipre dispone de agua suficiente para satisfacer la demanda, pero en los años más secos, por

el contrario, puede encontrarse con un importante déficit, a pesar del suministro adicional obtenido por desalinización.

En 2008, Chipre sufrió su cuarto año consecutivo de escasez de lluvias y la situación de sequía alcanzó un nivel crítico durante los meses de verano. Para aliviar la crisis de la isla, se envió agua desde Grecia por medio de buques cisterna. Además, el Gobierno de Chipre se vio obligado a aplicar medidas de emergencia, incluyendo un recorte del 25 - 30% en el suministro doméstico. En un pueblo del distrito de Limassol, se introdujo un sistema de precios del agua que gravaba fuertemente el consumo por encima de un determinado umbral con la finalidad de reflejar la creciente escasez (Cyprus Mail, 11.10.2008). Los mayores consumidores de agua, especialmente los propietarios de piscinas, recibieron facturas de miles de euros, de manera que el consumo sufrió una disminución drástica. Además del precio del agua, las autoridades chipriotas han reconocido la importancia de las fuentes alternativas, como las aguas residuales urbanas depuradas, cuya explotación va en aumento.

Figura 3.1 Suministro anual de agua por el servicio público de Chipre al sector doméstico y al de regadío (gráfico superior)

Disponibilidad anual de agua en el sistema de recurso natural de Chipre (gráfico inferior)



Fuente: Gobierno de Chipre, 2008.

3.1.2 Turquía

El exceso de extracción en época de sequía también ha tenido graves consecuencias en Turquía, donde el segundo lago más grande del país, el lago Tuz en la árida cuenca del Konya, está actualmente desecado por completo. Este lago, que antiguamente era visitado por miles de flamencos cada verano, ha comenzado a transformarse en una cuenca salina. Aunque la cuenca del Konya ha experimentado condiciones de sequía desde la década de 1980, la excesiva extracción de agua para el riego ha jugado un papel crítico, en muchos casos, con extracción de agua desde pozos ilegales (Dogdu y Sagnak, 2008). La falta de lluvia y la extracción excesiva por la agricultura han disminuido mucho las reservas subterráneas en los años recientes, descendiendo notablemente el nivel de los acuíferos. Además del lago Tuz, también se han desecado numerosos pequeños lagos y humedales de la cuenca de Konya que dependen de los acuíferos.

3.1.3 Grecia

La llanura de Vocha, junto al Golfo de Corinto en el sur de Grecia, ha experimentado un aumento de su población en un 65% desde la década de 1970 y se estima que el crecimiento continuará en los próximos años (Voudouris, 2006). En verano, la población aumenta un 25% debido a la afluencia de turistas y la llegada de habitantes cercanos a Atenas para pasar el fin de semana. El consumo diario de agua *per cápita* se cifra en 250 litros en verano y 200 litros en invierno. La agricultura representa el 80% de la demanda de agua de la región, que cuenta con unos 45 km² de tierras de regadío destinadas al cultivo de cítricos, olivo, albaricoquero y viña. La época de riego suele abarcar

desde mayo hasta octubre, aunque algunos riegos por inundación se realizan durante las estaciones de invierno y primavera.

Las necesidades del suministro público y la agricultura de la zona se satisfacen fundamentalmente con agua de los acuíferos, a través de unos 1.500 pozos y sondeos. La extracción de agua subterránea supera ya el volumen de recarga, por lo que el sistema de acuíferos se considera sobreexplotado. Las estimaciones del balance hídrico en 2000-2001 indican un déficit de 15 millones de m³/año, cifra que excede en un 38% la del recurso renovable de agua. En consecuencia, el nivel de agua de los pozos ha bajado notablemente y, por este motivo, los que todavía funcionan se han ido haciendo cada vez más profundos. Además, el acuífero registra una intrusión marina estacional (Voudouris *et al.*, 2000).

Cerca de la llanura de Vocha, la demanda de agua de la región de Gran Atenas ha sido atendida históricamente por una extensa y compleja red de suministro que abarca un área de 4.000 km² e integra cuatro embalses, 350 Km. de grandes acueductos, 15 estaciones de bombeo y más de 100 sondeos (Xenos *et al.*, 2002). Dos embalses, el Mornos y el Evinos, se encuentran a más de 200 km de la ciudad. Sin embargo, la prolongada sequía que comenzó a finales de la década de 1980 hizo que se agotaran en gran medida todos los recursos hídricos de superficie y que se prestara mayor atención a los criterios de demanda en la gestión del agua en Atenas, incluyendo una drástica subida del precio del agua, el descuento en el precio en los casos de medidas significativas para la conservación del agua y una campaña para el fomento del ahorro de agua y la restricción de su consumo. De este modo, el consumo de agua disminuyó en una tercera parte.

Por desgracia, la demanda de agua de la región de Gran Atenas ha seguido aumentando a un ritmo excesivo, alcanzando actualmente un 6% anual. Esta expansión se ha visto impulsada por el crecimiento de la zona urbana y el traslado de habitantes desde los bloques de apartamentos de la ciudad hacia las casas con jardín situadas en la periferia (Xenos *et al.*, 2002). Si este aumento de la demanda continúa, en pocos años no habrá recursos disponibles en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades (Koutsoyiannis *et al.*, 2001). Además, el potencial de aumento del sistema con un suministro adicional es muy limitado y seguramente demasiado caro, sobre todo si se tienen en cuenta las largas distancias y los requerimientos de bombeo.

3.1.4 España

En España, la administración del agua ha identificado 51 unidades hidrogeológicas sobreexplotadas, donde el cociente entre la extracción de agua subterránea y la cantidad de recurso renovable oscila entre 1,0 y 1,2 (Custodio, 2002). El valor de este índice es 0,8 - 1,0 en

otras 23 unidades, mientras que en otras 25 unidades con valor por debajo de 0,8, se observa un descenso del nivel freático local o un significativo deterioro de la calidad. En las últimas décadas, el descenso de los acuíferos ha sido especialmente notable en el sureste de España, en la cuenca del río Segura, alcanzando los 20 - 160 m en las áreas más críticas desde 1980 hasta 2000 (Custodio, 2002).

3.2 Impacto ecológico

Los ríos requieren un caudal de agua en cantidad suficiente, denominado «caudal ambiental», para poder mantener un ecosistema acuático en buen estado. Aunque todos los aspectos del régimen de caudales son importantes para la salud de los ecosistemas fluviales, un caudal bajo supone un riesgo especial para los peces migratorios, los cuales requieren un caudal suficiente para viajar aguas arriba hacia sus territorios de freza. Para poder alimentarse con las presas arrastradas por la corriente, los salmónidos jóvenes requieren un caudal con velocidad suficiente y prefieren evitar las aguas poco profundas.

El concepto de caudal ambiental no sólo se aplica a los peces, sino a todo el ecosistema acuático, incluyendo los invertebrados de agua dulce, la vegetación y las aves ribereñas. El caudal también influye mucho en la calidad del agua, ya que un caudal bajo disminuye la capacidad del río para diluir los contaminantes. La tolerancia de la biota acuática a los cambios en el caudal, la velocidad y la profundidad, la calidad del agua, la cubierta y el sustrato del río es distinta según las especies. Esta información suele integrarse en los modelos de idoneidad de los hábitats de agua dulce que sirven para determinar las condiciones óptimas de caudal y ayudan en la cuantificación del impacto de las extracciones sobre el hábitat acuático.

A pesar de la importancia crítica del caudal para la vida acuática, la extracción de agua desde los ríos es a menudo excesiva. En consecuencia, los ríos por lo común no consiguen ni mantienen su caudal ambiental, sobre todo en los meses de verano, cuando la disponibilidad de agua suele ser mínima.

A menudo se registran en Europa impactos ecológicos negativos relacionados con los bajos caudales. En Turquía, por ejemplo, la combinación de la sequía con una excesiva extracción de agua para el riego en el año 2000, tuvo un grave impacto en el pez migratorio *Chalcalburnus tarichi*, un miembro de la familia de las carpas que desova en los afluentes del lago Van, situado en el extremo oriental del país (Sari *et al.*, 2003). Desde entonces se han realizado investigaciones para determinar el caudal mínimo necesario para la protección de este pez. Actualmente se ha llegado a un acuerdo para una extracción de agua más sostenible y se han puesto en marcha programas de formación y

asesoramiento de agricultores sobre técnicas de riego y los efectos de la sobreexplotación (Sari *et al.*, 2003).

Los impactos ambientales de las extracciones de agua son evidentes también en el norte de Europa. Por ejemplo, los arroyos de las llanuras calcáreas del sur de Inglaterra sustentan una gran diversidad de peces, invertebrados y vida vegetal, como la trucha, el salmón, el mejillón de río en peligro de extinción, el cangrejo autóctono de los ríos europeos y el ranúnculo acuático. Sin embargo, estas corrientes de agua son vulnerables a diversas amenazas, incluyendo la excesiva extracción de agua (Environment Agency, 2004). Por ejemplo, el río Piddle, un pequeño riachuelo calcáreo del condado de Dorset, sustenta una valiosa pesquería de trucha común, pero también soporta una gran extracción de agua. La investigación del impacto de las grandes extracciones para abastecimiento público sobre la población de trucha común de este río ha demostrado que hay correlación espacial entre una zona con caudal disminuido y un área donde las truchas juveniles son menos abundantes y la época con trucha de buena calidad para la pesca es más corta (Stevens, 1999). Para resolver el problema del caudal ambiental en estos ríos calcáreos, Inglaterra y Gales están desarrollando una estrategia de gestión de extracción de agua desde estas cuencas (*catchment abstraction management strategies*, CAMS) (Environment Agency, 2008c). Ésta estrategia proporciona un marco para la evaluación de la disponibilidad del recurso y la concesión de licencias que contribuye a la gestión sostenible de los recursos de agua a nivel de cuenca.

Los lagos y los embalses también necesitan una cantidad mínima de agua para el buen funcionamiento de sus ecosistemas; las extracciones excesivas pueden afectar negativamente al ecosistema en las aguas abiertas y en sus zonas marginales. El lago Dojran/Dojirani, situado entre Grecia y la Antigua República Yugoslava de Macedonia, ha experimentado una notable disminución de su volumen de agua en los últimos decenios, bajando desde los 262 millones de m³ registrados en la década de 1950 a los 65 millones de m³ en 2002. Esta disminución se atribuye a los prolongados períodos de sequía y a la excesiva extracción de agua para la agricultura, con unos 12 millones de m³/año usados en los regadíos (Manley *et al.*, 2008). La disminución de este recurso junto con el empeoramiento de la calidad del agua, ha causado la disminución de las poblaciones de todas las especies de peces del lago y ha provocado el éxodo a gran escala de algunas especies de aves.

La extracción excesiva también puede afectar a los ecosistemas terrestres y provocar la desecación de bosques, brezales, dunas y pantanos, restándoles aptitud para sus características de vida animal y vegetal. Por ejemplo, en el Parque Nacional de Doñana, situado en el suroeste de España, la extracción de agua en sus alrededores para el turismo

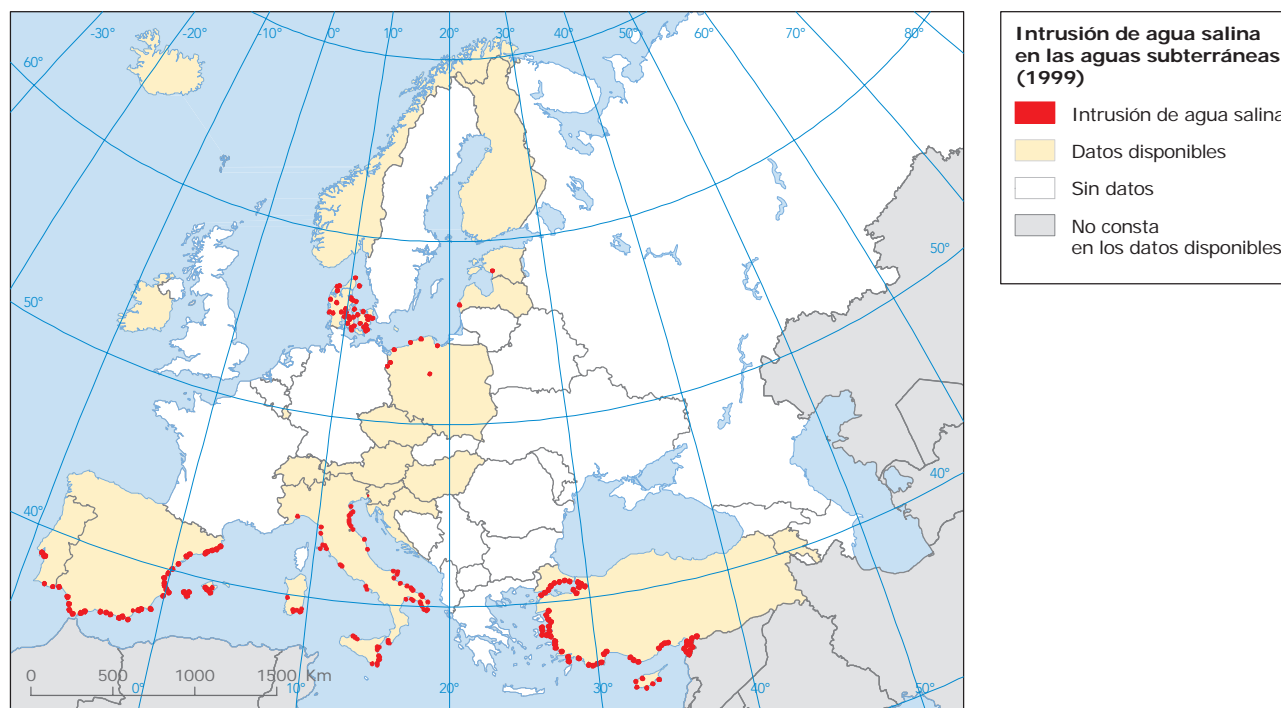
y la agricultura ha causado pérdidas en los prados y brezales del humedal y ha favorecido la invasión del matorral (Muñoz-Reinoso, 2001). La desecación de turberas tiene una especial implicación en el cambio climático, ya que los procesos asociados de aireación y oxidación causan la pérdida de la materia orgánica acumulada y los suelos de turba cambian de sumideros a fuentes de carbono. En la cuenca del Guadiana dentro de España, la desecación de turberas a causa de una extracción excesiva de aguas subterráneas y la escasez de lluvias, ha ocasionado su combustión espontánea y casi toda la turba está actualmente quemada (Fornes *et al.*, 2000).

3.3 Intrusión salina

La extracción excesiva desde los acuíferos costeros hace que el nivel freático baje y que el agua de mar entre en los acuíferos - un proceso conocido como «intrusión salina», lo cual disminuye la calidad del acuífero e impide el uso posterior de las aguas subterráneas, ya que los tratamientos convencionales no eliminan la sal. Además, el tiempo de residencia de las aguas subterráneas suele ser bastante largo, por lo que la contaminación salina puede persistir durante décadas. Normalmente, la intrusión salina en las aguas subterráneas obliga a satisfacer la demanda de agua dulce por otros medios, incluyendo la desalación del agua del mar en las costas.

Grandes extensiones del litoral mediterráneo se han visto afectadas por la intrusión salina, favorecida por una excesiva extracción de agua para la agricultura y el abastecimiento público, con un notable aumento de la demanda para este último a causa del turismo. Por ejemplo, en Grecia se calcula que la superficie total de acuíferos afectados por la intrusión salina es de unos 1.500 km² (Daskalaki y Voudouris, 2007). Aunque el problema alcanza su máxima expresión en las regiones del litoral Mediterráneo, la intrusión salina también afecta al norte de Europa (mapa 3.1), donde la situación ha empeorado progresivamente desde 1999.

La llanura de la Argólida, en el este del Peloponeso griego, ha registrado una rápida expansión de la agricultura de regadío desde la década de 1950. La extracción de agua subterránea para el riego de naranjos, cultivos hortícolas y olivares ha sido excesiva y ha causado la intrusión del agua del mar en los acuíferos. Este fenómeno se observó por primera vez a principios de la década de 1960, cuando las aguas subterráneas extraídas desde algunos pozos mostraron un aumento de la concentración de cloruro. También se observaron indicios de toxicidad por cloruro, como desecación de las hojas y defoliación, especialmente en los cítricos (Poulovassilis y Giannouloupoulos, 1999). El deterioro de los acuíferos ha causado la desecación de los pozos y el abandono de los que han llegado a ser excesivamente salinos. Se han abierto nuevos pozos

Mapa 3.1 Intrusión de agua salina en las aguas subterráneas de Europa (1999)

Fuente: AEMA, 2007.

más lejos de la costa y tanto los nuevos como los ya existentes se han perforado a una mayor profundidad.

En Chipre, 12 de las 19 masas de agua subterránea (63%) han sufrido cierta intrusión salina o están en riesgo de verse afectados (PAM, 2007). La sequía y el aumento de la demanda de agua, junto con la disminución de la recargas a causa de la construcción de presas en las corrientes que alimentan a los acuíferos costeros, han causado el descenso del nivel de los acuíferos, con la consiguiente intrusión salina. Esta situación se ha visto agravada por una política de precios que cobra por el agua extraída de los embalses pero no por la de los acuíferos. Además de la intrusión salina, las marismas naturales se han deteriorado.

3.4 Impactos adversos de las medidas orientadas a la oferta

El enfoque tradicional de una gestión del agua orientada hacia la oferta conlleva diversos impactos negativos sobre el ambiente acuático. En particular, los embalses, los trasvases entre cuencas y la desalinización causan algunos problemas específicos derivados de la modificación de la cantidad y la calidad del agua.

3.4.1 Embalses

Los embalses provocan distintos problemas ambientales tanto durante su construcción, que puede durar décadas, como una vez finalizados. Dado que el nivel del agua en un embalse sube tras el cierre de la presa, un cambio importante tiene lugar a menudo en el área de inundación. Se pierden tierras agrícolas y hábitats terrestres y ribereños, pueblos enteros son sumergidos y el nivel freático asciende.

Una vez construido el embalse, los problemas ambientales pueden dividirse en dos grupos. El primer grupo, que hace que el embalse no sea apto para cumplir con su finalidad incluye, por ejemplo, la presencia de algas y sustancias tóxicas en embalses destinados al abastecimiento de agua potable. El segundo grupo incluye los problemas que deterioran el sistema fluvial, especialmente en las aguas abajo del embalse. Dado que las presas interrumpen la continuidad natural del río, se fragmenta el ecosistema fluvial y a menudo tiene unas notables consecuencias ecológicas. En particular, la presa puede obstruir el acceso de los peces migratorios a los territorios de freza, un problema especialmente grave para especies como el salmón, la trucha, la anguila y el esturión. Una gran parte de los sedimentos arrastrados

quedan atrapados y son depositados en el fondo de los embalses. Esta sedimentación no sólo acorta la vida útil del embalse, sino que el agua liberada de la presa también carece de los sedimentos y materiales orgánicos que de otro modo contribuirían a fertilizar las llanuras aluviales y los estuarios situados aguas abajo. Esta disminución también afecta a la extensión y la calidad del hábitat acuático aguas abajo.

3.4.2 *Trasvases*

Un estudio del WWF ha identificado varios inconvenientes relacionados con los grandes trasvases entre cuencas (WWF, 2007a), que incluyen la pérdida de agua por evaporación y filtración desde los canales durante el transporte (hasta un 50%) y, por parte del donante, la pérdida de caudal, una mayor concentración de contaminantes debido a su menor capacidad de dilución, el cambio en las pautas de erosión y sedimentación y la alteración del ecosistema acuático. Además, los trasvases pueden introducir especies foráneas en la cuenca receptora, fragmentar el paisaje y causar daños en los hábitats terrestres, especialmente durante la fase de construcción.

3.4.3 *Desalinización*

Aunque la desalinización disminuye la necesidad de extraer agua dulce, genera algunos problemas

ambientales. Como se ha indicado en el apartado 2.3.4, la desalinización consume una gran cantidad de energía para evaporar el agua o hacerla pasar a través de membranas semipermeables. En este sentido, el uso de la energía solar puede adquirir una importancia creciente en el futuro. Además del consumo energético, el proceso de desalinización libera una gran cantidad de residuos líquidos o sólidos (p. ej. salmuera).

Para minimizar el daño ambiental en la fuente, las plantas desalinizadoras no deben localizarse en medios sensibles marinos o litorales, debiendo realizarse un filtrado en el lugar de la admisión. Todavía no se sabe con seguridad si el vertido de salmuera tiene un efecto a gran escala en la salinidad del mar y las corrientes marinas, pero los efectos locales de los efluentes de salmuera están bien documentados. Al ser más pesado que el agua marina normal, el efluente de salmuera tiende a extenderse sobre el fondo marino, donde representa una amenaza para los organismos bentónicos sensibles a la salinidad, como las praderas de hierba marina de *Posidonia oceanica*, que tienen un alto valor biológico (WWF, 2007b). Una solución al problema de la salmuera es reducirla a un estado sólido o a un volumen lo más pequeño posible para su uso como insumo en la industria química o su almacenamiento en minas antiguas.

4 Extracción de agua para la industria y la producción de energía

La industria manufacturera utiliza el agua para usos diferentes: limpieza, calentamiento y refrigeración; generación de vapor; transporte de sustancias disueltas o partículas en suspensión; como materia prima; como disolvente; y como parte constitutiva del producto propiamente dicho (por ejemplo, en el sector de las bebidas). En conjunto, la industria manufacturera consume un 11% de la extracción total de agua dulce en Europa y destina la mitad a los procesos de transformación y el resto a la refrigeración. La industria manufacturera se abastece con agua de la red de abastecimiento público y también con la de procesos de extracción «propios». Las industrias con un uso más intensivo suelen efectuar sus propias extracciones, principalmente desde las aguas superficiales.

El agua extraída para la producción de energía representa un 44% de la extracción total de agua dulce en Europa, si bien esta cifra supera el 50% en Alemania, Francia y Polonia. Se consume una fracción muy pequeña del agua extraída para la producción de energía, ya que la mayor parte retorna a una masa de agua, aunque con una temperatura más alta. Las centrales térmicas, nucleares y las que utilizan combustibles fósiles requieren una gran cantidad de agua para la generación de electricidad y calor. El agua extraída se destina principalmente a la refrigeración, aunque una parte se utiliza en la alimentación de las calderas y en diversos procesos. Las centrales eléctricas obtienen la mayor parte del agua que necesitan de las masas de agua superficiales y la extraen casi exclusivamente con sus propias plantas de extracción. En general, el agua de refrigeración es objeto de un tratamiento previo antes de su utilización con la finalidad de evitar la corrosión y la calcificación y para evitar la proliferación de bacterias y algas en el sistema de refrigeración.

4.1 Uso del agua en la industria manufacturera

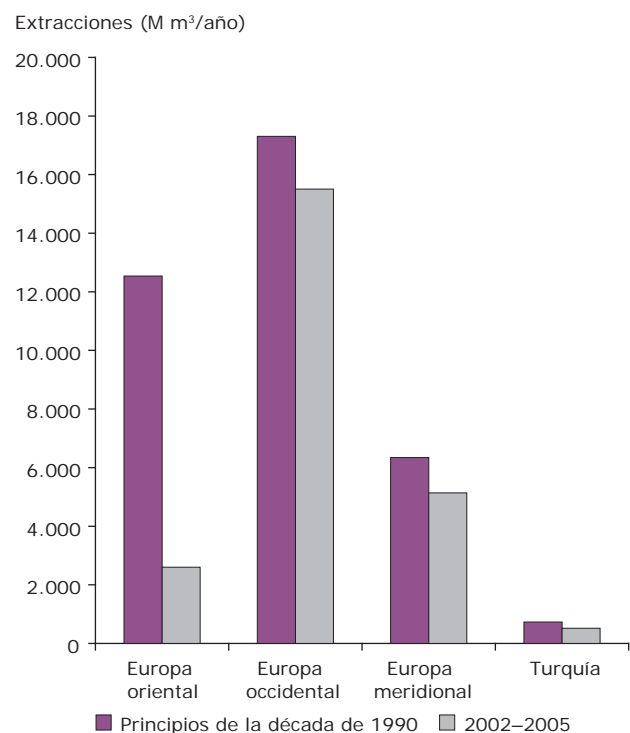
4.1.1 Estado actual y tendencias recientes

Tras el intenso desarrollo experimentado entre 1950 y 1980, la extracción de agua por la industria manufacturera europea se estabilizó durante la década de 1980. Desde mediados de la década de 1990, la tendencia se ha invertido, registrándose una disminución de

las extracciones pese a la constante expansión de la producción industrial (figura 4.1). Esta disminución ha sido más acusada en Europa oriental (alrededor de 79%) y guarda cierta relación principalmente con la fuerte regresión industrial durante el proceso de transición (Dworak *et al.*, 2007). En otras regiones, la disminución puede atribuirse a la decadencia de la industria pesada, muy intensiva en cuanto al uso del agua (como la minería y las acerías), al intento de disminuir los costes ligados al agua en algunos sectores, incluyendo los relacionados con el vertido de aguas residuales, y a la introducción de tecnologías más eficientes en cuanto al uso del agua (Dworak *et al.*, 2007).

Actualmente, sólo dos países, Alemania y Francia, acumulan más del 40% de la extracción de agua destinada

Figura 4.1 Extracción de agua para la industria manufacturera (millones de m³/año) a principios de la década de 1990 y en el período 2002-2005



Fuente: Indicador básico de la AEMA CSI 18, basado en los datos de la tabla de Eurostat: Extracción anual de agua por fuente y por sector.

a la industria manufacturera en Europa. Inglaterra y Gales, Suecia, Países Bajos, Austria, Finlandia, Noruega y Rumanía también son grandes contribuyentes en relación con el total europeo (figura 4.2).

El total de agua de uso industrial en Europa se desglosa en porcentajes diferentes en función de los diferentes sectores de fabricación. Los datos facilitados a Eurostat indican que las industrias químicas y las refinerías de petróleo usan casi la mitad del agua utilizada por el sector manufacturero en su conjunto, mientras que el resto corresponde en buena parte a la industria metalúrgica, papelería y alimentaria.

4.1.2 Disminución del uso del agua en el sector manufacturero

El sector manufacturero puede disminuir su consumo mediante el reciclado y la reutilización del agua, la modificación de los procesos de producción y la utilización de una tecnología más eficiente, incluyendo las medidas de control de fugas (Dworak *et al.*, 2007). El aumento del reciclado del agua en las plantas industriales se ha debido, en parte, al desarrollo de los sistemas de depuración *in situ* y con técnicas avanzadas, teniendo un papel importante la ósmosis inversa. También se ha comprobado que son efectivas técnicas relativamente sencillas para el tratamiento *in situ* de las aguas residuales. Por ejemplo, un centro de lavado de coches de Swansea (Reino Unido) ha instalado un sistema de reciclado de agua en circuito cerrado, utilizando un cañaveral para la depuración de las aguas residuales (Environment Agency, 2007a). El sistema de cañaveral ha posibilitado la disminución del uso de agua procedente del abastecimiento público en un 60% y la del vertido de aguas residuales en un porcentaje similar. De manera similar, un fabricante de productos de cantería en Lancashire (Reino Unido) ha utilizado una técnica de sedimentación para separar las partículas pesadas de las aguas residuales y reciclar después el material separado. El agua restante retroalimenta el proceso productivo y, junto

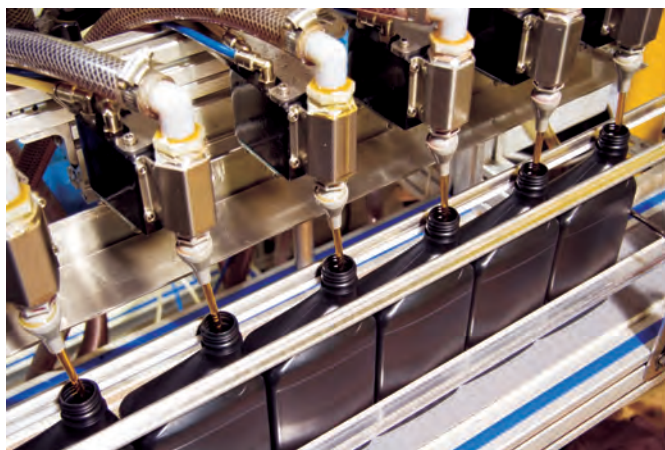
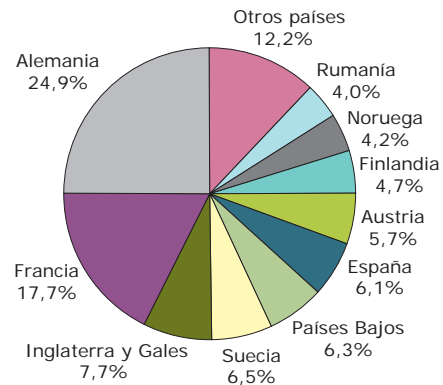


Foto 4.1 © Stock.xpert

Figura 4.2 Porcentaje de la extracción total de agua para la industria manufacturera en diferentes países



Fuente: AEMA, según los últimos datos disponibles (2000-2005) en la tabla de Eurostat: Extracción anual de agua por fuente y por sector.

con la captación de aguas pluviales, ha posibilitado la disminución en un 95% el uso medido del agua (Environment Agency, 2007a).

El uso industrial del agua registra una disminución sectorial cada vez más frecuente. Por ejemplo, el Consejo Europeo de la Industria Química (CEFIC, 2007) ha estimado que la extracción de agua por la industria química de Europa, destinada principalmente a la refrigeración, ha disminuido un 8% entre 2003 y 2006. También ha disminuido en la industria papelería. Por ejemplo, la extracción de agua para la producción de papel y cartón en Austria ha disminuido en más de la mitad entre 1990 y 2007 (Austropapier, 2007).

En Dinamarca, muchos sectores llevan años mejorando la eficiencia en el uso del agua. Durante la década de 1990, la cantidad de agua utilizada para producir un litro de cerveza, sacrificar un cerdo, fabricar un kilogramo de papel o producir un metro cúbico de lana de vidrio disminuyó notablemente. Dworak *et al.* (2007) han descrito algunos ejemplos de ahorro agua y sus beneficios económicos.

4.2 Uso del agua en la producción de energía

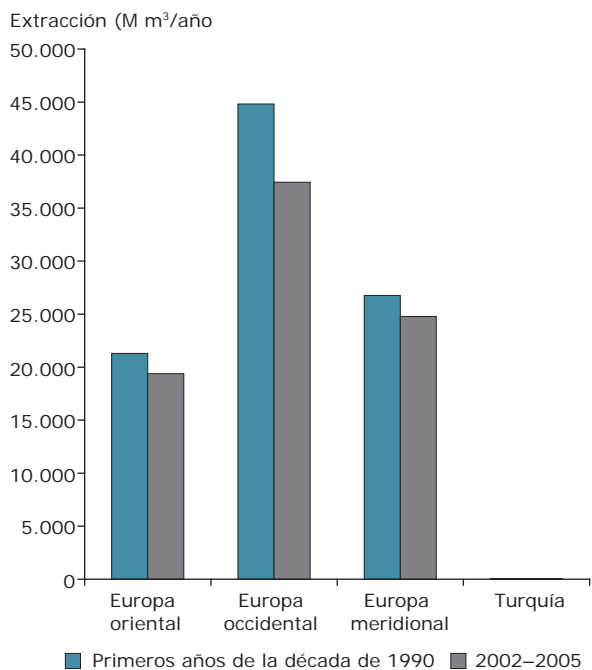
El uso del agua en refrigeración ha disminuido un 10% en toda Europa durante los últimos 10-15 años (figura 4.3). En algunos países, como Alemania y Francia, esta disminución ha superado el 20%, mientras que en otros, como los Países Bajos, Inglaterra y Gales y Polonia, la extracción en general se ha mantenido constante. En el futuro cabe esperar que la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura puedan tener, a veces, un impacto negativo en el sector de la generación de energía eléctrica, el cual

utiliza para la refrigeración el agua de los ríos. Ello se debe a que las centrales eléctricas tienen que parar cuando la temperatura del agua de admisión o el nivel del río no alcanzan determinados umbrales (AEMA, 2008). La producción eléctrica ya ha disminuido significativamente en distintos lugares de Europa durante los veranos muy calurosos (Lehner *et al.*, 2005).

Tradicionalmente, la refrigeración se ha realizado con sistemas «sin recirculación», donde el agua usada retorna con mayor temperatura a una masa de agua receptora. Estos sistemas necesitan un gran volumen de agua por unidad de electricidad producida, aunque sólo un 1% del agua extraída se consume de manera efectiva (Electric Power Research Institute, 2002).

Los modernos sistemas de «torres de refrigeración» y «recirculación» necesitan menos agua que los sistemas sin recirculación. Su introducción progresiva explica en parte la disminución general de la extracción de agua para refrigeración en Europa durante los últimos 10-15 años. Después del proceso de refrigeración, los sistemas de recirculación eliminan el calor del agua haciendo que entre en contacto con el aire en una torre de refrigeración y así disminuyen la pérdida consuntiva de agua por evaporación. El agua restante puede volver a circular y ser reutilizada en el proceso de refrigeración.

Figura 4.3 Extracción de agua para refrigeración en la producción de energía (millones de m³/año) a principios de la década de 1990 y en el período 2002-2005



Fuente: Indicador básico de la AEMA CSI 18, basado en los datos de la tabla de Eurostat: Extracciones anuales de agua por fuente y por sector.



Foto 4.2 © Stock.xchng

A diferencia de los sistemas sin recirculación, los sistemas con recirculación tienen la ventaja de que no vierten agua caliente y, por lo tanto, evitan su potencial impacto negativo en los ecosistemas acuáticos sensibles a las variaciones de temperatura.

La sustitución de los antiguos sistemas sin recirculación por una tecnología de refrigeración más avanzada, como la de los sistemas con recirculación, los sistemas sin agua y los sistemas híbridos, es probable que conlleve una nueva disminución de la extracción de agua para la producción de energía. Además, el suministro de agua a las instalaciones de producción de energía puede realizarse desde fuentes alternativas, ya que las aguas para refrigeración (y alimentación de las calderas) no necesitan tener una alta calidad. Estas fuentes alternativas pueden verse menos afectadas por la sequía que las fuentes de agua dulce de mayor calidad.

5 Abastecimiento público de agua

Aproximadamente un 21% de la extracción de agua en Europa se destina a los sistemas de abastecimiento público, aunque con una significativa variación entre los diferentes países. El agua pública no sólo incluye el abastecimiento de hogares, sino también el de pequeñas empresas, hoteles, oficinas, hospitales, colegios y determinadas industrias.

Sólo un 20% del agua usada por los diferentes sectores que la reciben a través de la red pública de abastecimiento se consume realmente, mientras que el 80% restante retorna al medio natural, principalmente como agua residual depurada (AEMA, 2003). El desarrollo urbano, no obstante, puede ser causa del agotamiento de los recursos de agua subterránea, especialmente porque la impermeabilización por sellado superficial normalmente orienta el agua de lluvia hacia la red de alcantarillado e impide su infiltración en el suelo; el agua subterránea es con frecuencia una fuente esencial de abastecimiento público y la descarga de las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas normalmente retornan a los ríos en vez de aumentar las reservas subterráneas.

Las principales fuerzas motrices de la demanda pública de agua incluyen la población y el tamaño de los hogares, la renta, el comportamiento del consumidor y la actividad turística. También es importante el avance tecnológico, por ejemplo, en cuanto a la corrección de las fugas desde la red de abastecimiento público de agua.

5.1 Fuerzas motrices del abastecimiento público de agua

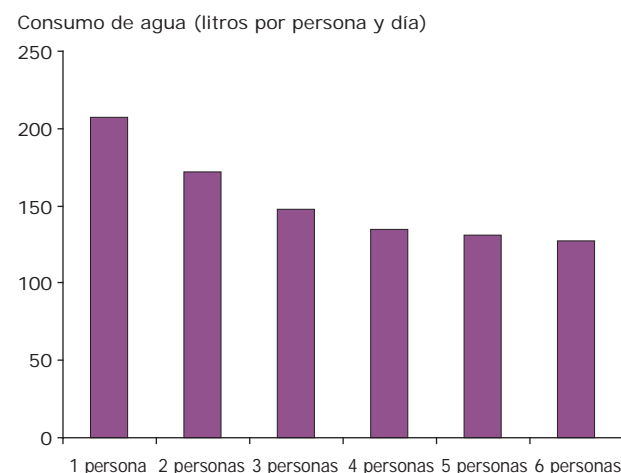
5.2.2 Población y tamaño de los hogares

La población total de los países de la UE27 ha aumentado de algo más de 400 millones de habitantes en 1960 a 497 millones en 2007 (Eurostat, 2008a), lo que ha aumentado el consumo doméstico de agua en dicho período. Se prevé que la inmigración continúe aumentando gradualmente la población de la UE27 hasta alcanzar unos 521 millones de habitantes en 2035, con una disminución paulatina a partir de ese momento hasta una población de unos 506 millones de habitantes en 2060 (Eurostat, 2008b).

Aunque es obvio que el tamaño de la población influye en el uso doméstico de agua, el tamaño de los hogares, en términos de número de ocupantes, también resulta ser una fuerza motriz clave. El consumo de agua relacionado con las actividades de lavado de vehículos, jardinería y limpieza está más estrechamente ligado a los hogares que al uso personal. En consecuencia, existe una economía de escala según la cual los grandes hogares consumen menos cantidad de agua *per cápita* que los de menor tamaño, como ilustran los datos de Londres (Greater London Authority, 2007; figura 5.1). Los hogares pequeños también tienen menos eficacia en cuanto a las medidas de ahorro.

Aunque la población ha aumentado en Europa durante las décadas recientes, el número de hogares ha aumentado más rápidamente debido a una generalizada disminución del tamaño de las familias, originada por cambios demográficos como el aumento del número de personas que viven solas. En 2005, el promedio del tamaño de los hogares en la EU25 era de 2,4 personas por hogar (Eurostat, 2008c), correspondiendo a Chipre el porcentaje mayor (3 personas por familia) y a Dinamarca el menor (2 personas por familia).

Figura 5.1 Efecto del tamaño de los hogares en el uso de agua (litros por persona y día)



Fuente: Greater London Authority, 2007.

5.1.2 Turismo

El turismo puede aumentar considerablemente el uso de «agua pública», en particular durante el pico de los meses de vacaciones estivales y especialmente en las regiones costeras del sur de Europa, las cuales están ya sometidas a un considerable estrés hídrico. Los turistas no sólo usan el agua en su alimentación, bebida e higiene personal, sino también en actividades de ocio como piscinas, parques acuáticos y campos de golf, que aumentan considerablemente el uso del agua. Normalmente, los turistas usan más agua *per cápita* que los residentes. Un estudio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) cifra el uso de agua *per cápita* por los turistas alojados en hoteles de lujo de Grecia en unos 450 litros/día, cantidad varias veces superior al promedio de uso de los residentes griegos locales (OCDE, 2000). En Europa, el uso doméstico no turístico oscila entre 100 y 200 litros/persona/día.

En la región mediterránea, el número de turistas internacionales ha pasado de 58 millones en 1970 a más de 228 millones en 2002, con Francia, España e Italia en conjunto acogiendo un 75% de la afluencia actual (PNUMA, 2005). Hasta un 80% de las estancias de los turistas en esta región se concentra en el periodo de mayo a septiembre, coincidiendo con una disponibilidad de agua mínima y un estrés hídrico máximo. Aunque las predicciones sobre el futuro del turismo son inciertas, se estima que el turismo seguirá creciendo en Francia, Italia y España a razón de 2,0 - 2,5% anual. Los porcentajes en Chipre y Malta son parecidos, mientras que en Turquía se espera un auge turístico más acelerado (aproximadamente un 5%) (PNUMA, 2005).

En la cuenca del río Júcar, en el este de España, a los 4,36 millones de habitantes de la región se suman 1,4 millones más cada año debido a la afluencia de turistas (CHJ, 2004). El 95% de estos turistas llegan principalmente a las localidades costeras de la Comunidad Autónoma Valenciana, aunque en los últimos años también ha aumentado el turismo en el interior. En la cuenca del Júcar hay más de 98.000 habitaciones de hotel y la ocupación presenta un marcado patrón estacional; en algunas áreas, el coeficiente de ocupación mensual máximo con respecto a la ocupación mensual mínima excede el valor 7:1. Además, casi un millón de viviendas no permanecen ocupadas permanentemente y muchas se utilizan como segunda residencia o residencia de vacaciones. En 2002, el Júcar suministraba agua a 19 campos de golf, con una dotación media entre 6.500 y 10.000 m³/ha/año. La facturación de cada campo de golf se cifra entre 1,5 y 9 millones de euros anuales, y la media de empleados es de 150 en cada uno. Existen en proyecto otros 55 campos de golf dentro de la cuenca del Júcar.

Aunque un campo de golf verde y bien regado puede parecer incongruente en las tierras áridas del

Mediterráneo, su uso de agua no es mayor que el de un campo de maíz en regadío y con una superficie comparable; sin embargo, su rendimiento económico es mayor (PNUMA, 2005). Si además tenemos en cuenta los puestos de trabajo generados por los campos de golf, se puede entender las fuerzas motrices de su continuo desarrollo en la región del Mediterráneo. Una posible solución para limitar el impacto de los campos de golf sobre los recursos de agua consiste en reutilizar las aguas residuales en el riego, práctica que han adoptado algunos campos de golf en el sur de Europa. Por ejemplo, en el centro turístico Sperone de Córcega, los efluentes se almacenan en estanques y se someten a tratamiento terciario con filtros de arena antes de su uso en el riego de un campo de golf cercano, siendo la dosis máxima de unos 280 m³/día (Grupo de Trabajo EUWI sobre reutilización de aguas residuales del Mediterráneo, 2007). Aunque existen otros ejemplos similares, es evidente que todavía es posible un aprovechamiento mucho mejor de las aguas residuales en el riego de los campos de golf europeos.

5.1.3 Renta

La renta es una importante fuerza motriz en relación con el uso de agua pública y a medida que el PIB aumenta, también lo hace la proporción de hogares conectados a la red de abastecimiento público. El aumento de la renta familiar también guarda relación con el aumento del uso de agua, su posesión y la capacidad de las instalaciones domésticas de duchas, retretes, calentadores, lavavajillas, lavadoras, aspersores y piscinas.

Se ha utilizado una curva sigmoidea (en forma de S) para describir la relación entre el uso doméstico de agua *per cápita* y la renta nacional (Flörke y Alcamo, 2004), según la cual, el uso inicial de agua en bajos niveles de renta, se acelera rápidamente con el desarrollo de la economía y la mejora del estilo de vida. Cuando se alcanza un umbral en el que los hogares medios tienen ya lavavajillas, lavadora y otros electrodomésticos, el uso de agua se estabiliza o disminuye con cada aumento adicional del PIB. Las disminuciones suelen atribuirse al aumento de la concienciación sobre la necesidad de ahorrar agua y emplear una tecnología más eficiente en cuanto al uso del agua.

Sin considerar su origen preciso, la relación positiva entre el uso de agua pública y el PIB, renta o riqueza con niveles de ingresos bajos indica la probabilidad de un aumento futuro en el uso doméstico en ciertas áreas de Europa. En particular, el PIB *per cápita* es actualmente más bajo en los países del sur y el este que en los del norte y el oeste, siendo probable que el desarrollo económico conlleve el aumento del uso de agua pública. Un estudio del uso del agua en un área residencial de Atenas estima que un aumento del

3% del PIB puede suponer un aumento anual del 2,5% en el uso del agua, lo que supone un aumento total de un 25% en el período 2000-2010 (Bithas y Stoforos, 2006).

Los europeos compran más aparatos electrodomésticos que usan agua a medida que aumentan sus recursos económicos. Por ejemplo, en 1970 el 65% de los hogares británicos tenían lavadora, mientras que en 2002 eran más del 90%. En otros países de Europa occidental se observa una tendencia similar. En Dinamarca, la propiedad de lavadoras y lavavajillas ha venido aumentando desde 1990 (Statistics Denmark, 2008a; figura 5.2), aunque el mercado de lavadoras domésticas parece estar ya casi saturado. En Europa occidental son menos los hogares con lavavajillas que los que tienen lavadora, pero la cifra sigue aumentando. No obstante, hay que señalar que este aumento puede no tener un impacto significativo en el uso doméstico de agua, ya que los lavavajillas modernos suelen ser igual o incluso más eficientes que el lavado manual de los platos.

Actualmente no hay datos disponibles sobre la posesión de electrodomésticos en los nuevos Estados miembros, pero se cree que el porcentaje es relativamente bajo y que subirá en el futuro. Un alto nivel de renta también puede acarrear un mayor uso y posesión de instalaciones domésticas de lujo como las duchas a presión, jacuzzis y piscinas. El caudal de las duchas a presión es de unos 15 litros/minuto, frente a los 10 litros/minuto de las duchas normales.

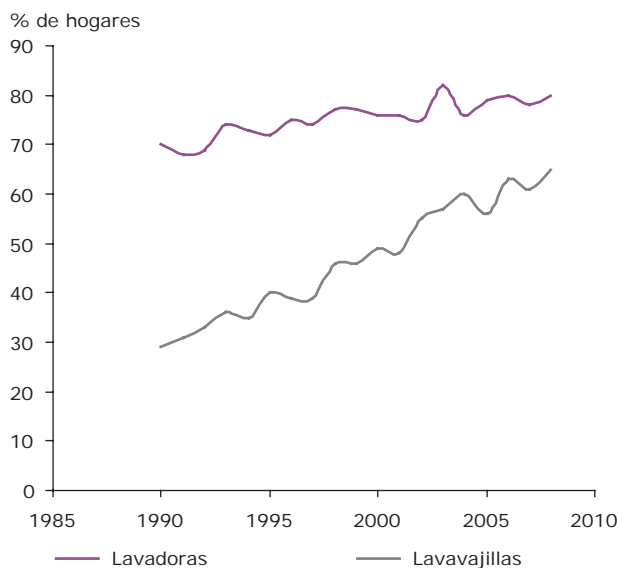
5.1.4 Desarrollo tecnológico

Las recientes innovaciones que han mejorado la eficiencia de los electrodomésticos han sido unas fuerzas motrices importantes para poder disminuir el uso de agua y favorecer su ahorro sin necesidad de cambiar las pautas de conducta del consumidor o, necesariamente, la concienciación sobre los problemas del agua. Una mención especial merecen los avances tecnológicos relacionados con los grandes electrodomésticos como lavadoras y lavavajillas, lo que ha permitido una disminución considerable del uso del agua. Sin embargo, todavía es posible la adaptación y la actualización de otros electrodomésticos para mejorar significativamente la eficiencia del agua.

5.1.5 Fugas

Las redes públicas de distribución y suministro de agua pueden registrar una «pérdida» considerable de agua antes de llegar a los hogares. En los últimos años, algunos países europeos han tratado de reducir esta pérdida y el reciente descenso de las fugas así lo demuestra. Por ejemplo, en Dinamarca ha disminuido la pérdida hasta el 6-7% desde más de un 10% en 1996 (Statistics Denmark, 2008b). Sin embargo, en otras partes de Europa la pérdida de agua sigue siendo

Figura 5.2 Porcentaje de hogares de Dinamarca con lavadora y lavavajillas



Fuente: Statistics Denmark, 2008.

considerable. En Croacia, las pérdidas aumentaron notablemente a finales de la década de 1990, aunque desde entonces se han estabilizado en un porcentaje cercano al 40% del suministro total (CROSTAT, 2008).

5.1.6 Influencia sociocultural y comportamiento individual

Los cambios en el estilo de vida, como el de una mayor frecuencia y duración de los baños y las duchas, el uso más frecuente de las lavadoras y el deseo de tener un césped verde en verano, pueden afectar de manera notable al uso de agua en los hogares. Estos cambios pueden ser específicos en determinados grupos de edad. Por ejemplo, las generaciones de más edad, por lo general, sólo realizan cambios menores hacia un uso del agua menos intensivo a causa de las costumbres en que fueron educadas, mientras que las generaciones más jóvenes normalmente tienen un estilo de vida con un uso del agua más intensivo.

Un cambio de comportamiento con un impacto perjudicial para el ambiente es el notable aumento del consumo de agua mineral embotellada en Europa en los últimos años. El consumo anual actual supera los 80 litros *per cápita*, habiendo aumentado como mínimo un 15% en la mayoría de los países solamente entre 2002 y 2007 (Beverage Marketing Corporation, 2008). Una gran parte de las botellas de agua mineral son de plástico y, por consiguiente, se obtienen de un recurso no renovable como el petróleo. Además, su proceso de fabricación también consume agua y libera dióxido de carbono. El Earth Policy Institute calcula que se emplean 2,7 millones de toneladas de plástico

anuales para embotellar agua en todo el mundo, estimando en un 25% el agua embotellada que se exporta fuera de las fronteras nacionales. El transporte de agua embotellada consume una gran cantidad de energía y por tanto libera cierta cantidad de gases de efecto invernadero. Por el contrario, el transporte de agua desde una depuradora de agua hasta los grifos domésticos resulta relativamente benigno para el ambiente.

5.2 Uso actual y reciente del agua pública

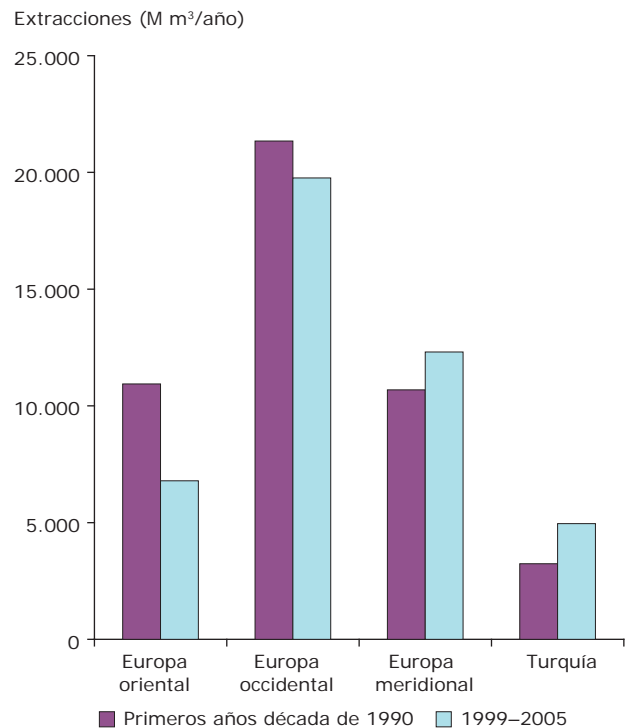
Las fuerzas motrices anteriormente identificadas impactan de distintas maneras en las regiones de Europa y, en consecuencia, la tendencia de la extracción de agua para el abastecimiento público también varía. El suministro total en el conjunto de los países orientales, incluyendo Bulgaria, República Checa, Hungría, Polonia, Rumanía, República Eslovaca y Eslovenia disminuyó aproximadamente un 37% entre 1990 y el período de 2002-2005 (figura 5.3). Esta disminución se atribuye a la instalación de contadores y al alza de los precios del agua en la década de 1990, aunque se cree que el reciente crecimiento económico de Europa oriental invertirá esta tendencia general a la baja. En Europa occidental se observa en los últimos años una disminución similar del suministro, aunque no tan notable a causa de la adopción de medidas de ahorro que incluyen la disminución de las fugas y la instalación de contadores. El aumento del suministro en Europa meridional se ha debido, en parte, al aumento de la demanda por el turismo. En Turquía, la extracción para el abastecimiento público de agua ha aumentado rápidamente desde principios de la década de 1990, reflejando el crecimiento de la población y el turismo.

La media nacional del abastecimiento público de agua *per cápita* varía mucho en los países de Europa, oscilando entre 50 y 150 m³ *per cápita* al año, reflejando el efecto neto de una serie de fuerzas motrices que varían considerablemente según el espacio y el tiempo. El uso de los hogares normalmente supone un 60-80% del abastecimiento público de agua, la higiene personal y las cisternas de los retretes representa un 60% de dicho porcentaje.

5.3 Influencia del cambio climático

El cambio climático puede influir en la futura demanda de agua de los hogares. Las limitadas investigaciones realizadas hasta la fecha hablan en general de un efecto relativamente pequeño, que supondría un ligero aumento de la demanda. Por ejemplo, Downing *et al.* (2003) cifran el aumento del uso doméstico en el Reino Unido en un 1% en 2025 y menos del 5% en 2050, dentro de una previsión de veranos más largos y calurosos. De manera similar, Keirle y Hayes

Figura 5.3 Extracción de agua para el abastecimiento público de agua (millones de m³/año) a principios de la década de 1990 y en el período 2001-2005



Fuente: Indicador básico de la AEMA CSI 18, basado en los datos de la tabla de Eurostat: Extracciones anuales de agua por fuente y por sector.

(2007) predicen un aumento del 1-2% en el consumo doméstico del Reino Unido en 2020 debido al cambio climático. Es probable que exista una clara separación entre los componentes que son sensibles al cambio climático (ducha, jardinería, riego del césped por aspersión, campos de golf, piscinas y parques acuáticos) y los que no lo son, como el lavado de la vajilla y la ropa (AEMA, 2008).

El consumo doméstico de agua en épocas inusualmente calurosas también ofrece cierta indicación del efecto del cambio climático. Por ejemplo, el pico de uso del agua se multiplicó por cuatro en el verano de 2003 en algunos cantones suizos (BUWAL, 2004). Sin embargo, estos cambios tan notables a corto plazo en cuanto al uso del agua no indican con claridad cuál puede ser la respuesta a largo plazo (Feenstra *et al.*, 1998). Aunque los futuros cambios en el uso doméstico del agua a causa del cambio climático no sean muy marcados, es probable que se registren algunos aumentos en los meses de verano, que es cuando el recurso de agua en general está en el mínimo y el impacto ambiental adverso de las extracciones es máximo. En este sentido, los pequeños aumentos del consumo doméstico sólo pueden empeorar dichos impactos.

5.4 Uso sostenible del abastecimiento público de agua

Pueden utilizarse varias medidas para disminuir el uso del agua de abastecimiento público. Se pueden agrupar en las siguientes categorías: equipos economizadores, reutilización de las aguas grises, captación de las aguas pluviales y uso eficiente del agua en parques y jardines, disminución de las fugas, cambios de comportamiento mediante iniciativas de sensibilización, precio del agua y contadores del agua. Dado que el tratamiento, el bombeo y el calentamiento del agua consumen una significativa cantidad de energía, la disminución del uso del agua de abastecimiento público también disminuye el consumo de energía.

5.4.1 Equipos economizadores de agua

En las últimas décadas la eficiencia del uso del agua ha aumentado mucho en los grandes electrodomésticos modernos, como lavadoras y lavavajillas. Por ejemplo, en 1970 se utilizaban unos 200 litros de agua para lavar 5 kg de ropa de algodón, mientras que actualmente esta cifra ha disminuido hasta unos 49 litros en 2004 (Stamminger *et al.*, 2005). En los últimos años también ha mejorado la eficiencia del agua en otras muchas instalaciones domésticas, como retretes, urinarios, grifos, duchas y la fontanería en general. No obstante, todavía se puede avanzar mucho en la adopción y utilización de estos equipos modernos en gran parte de Europa.

Las cisternas de los retretes representan un 25 - 30% del uso doméstico total y por ello es mucha la cantidad de agua que se puede ahorrar, disminuyendo el volumen de descarga. En las últimas décadas, la cantidad de agua que consume cada descarga de una cisterna ha disminuido considerablemente en algunos países, especialmente desde la llegada a los mercados europeos de retretes con doble descarga o con descarga reducida (menos de 6 litros por descarga). En algunos casos, la regulación normativa ha impulsado algunos cambios; por ejemplo, en la normativa británica de edificios, el volumen máximo de las cisternas ha disminuido desde más de 12 litros en la década de 1950 a poco más de 4 litros en la actualidad.

Los dispositivos limitadores en las cisternas (por ejemplo, los «Hippos») son una forma sencilla y barata de disminuir el volumen de descarga, normalmente un 1 litro por descarga. Se utilizan sobre todo en los retretes antiguos con cisternas de gran volumen. También se puede economizar agua con una válvula de admisión de efecto retardado, lo que evita la recarga de la cisterna durante la descarga. Sin esta válvula, el agua que se descarga es mayor que la capacidad de la cisterna: un 17% según un estudio citado en un informe de la Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido (Environment Agency, 2007b).

Los retretes sin agua y los de vacío son unas tecnologías relativamente recientes. Los retretes sin agua más comunes obtienen compost de los residuos y después dicho compost suele ser retirado manualmente. Los retretes de compostaje son los más adecuados para edificios públicos situados en lugares alejados y que carecen de abastecimiento de agua. Los retretes de vacío utilizan una potente bomba de vacío para extraer los residuos desde el retrete junto con la descarga de 1 litro de agua para lavar la taza. Sin embargo, los retretes de vacío todavía no son eficaces ni prácticos en los domicilios particulares.

Muchos urinarios antiguos carecen de mandos y descargan agua constantemente, con el consiguiente derroche de volúmenes de agua significativos en los edificios públicos y comerciales. Sin embargo, existen en la actualidad algunos dispositivos de control de la descarga que permiten ahorrar cantidades significativas de agua. Suelen ser dispositivos que funcionan con un temporizador o que detectan la presencia del usuario por medio de sensores infrarrojos.

El consumo de las duchas puede disminuir considerablemente aireando el caudal de agua, lo que ayuda a simular el efecto de una ducha a presión sin necesidad de utilizar un gran volumen de agua. Este proceso de aireación también puede aplicarse en los grifos. Las válvulas termostáticas mezcladoras en grifos y duchas permiten mantener una temperatura predeterminada y ahorrar unas considerables cantidades de agua y energía. Por un grifo con sensor de infrarrojos sólo sale agua cuando se detecta un objeto debajo, siendo el ahorro de agua de un 70% o más. También se puede ahorrar agua sustituyendo las tuberías antiguas para disminuir las pérdidas.

5.4.2 Reutilización de aguas grises

Aguas grises son todas las aguas residuales domésticas que no proceden de los retretes, es decir, el agua de bañeras, duchas, lavabos y la cocina. En los sistemas de reutilización más sencillos, las aguas grises son almacenadas para su posterior reutilización sin tratamiento en la recarga de las cisternas de los retretes y el riego de los jardines (siempre que las plantas no sean comestibles). Las aguas grises de bañeras, duchas y lavabos son preferibles en general a las de cocina y lavavajillas, ya que están menos sucias. Chipre ha logrado implantar la reutilización de las aguas grises en jardines y cisternas, por lo que el uso de agua *per cápita* ha disminuido hasta en un 40%. En 2007, el coste del sistema era sufragado por el gobierno en un 75% (Comisión Europea, 2007a).

La calidad microbiana de las aguas grises causa preocupación por razones de salud pública, especialmente cuando las aguas llevan algún tiempo almacenadas (Dixon *et al.*, 2000). Por lo tanto, el uso inmediato de las aguas grises es preferible, aunque

también existen sistemas para disminuir al mínimo la contaminación de las aguas almacenadas, como las válvulas de descarga controladas electrónicamente para vaciar los depósitos después de un cierto período de inactividad y el empleo de desinfectantes químicos como el cloro para inhibir la actividad biológica y el crecimiento microbiano (Environment Agency, 2007b). Hay otras opciones de tratamiento más sofisticadas, pero suelen ser prohibitivas para los hogares particulares por ser muy caras y consumir una significativa cantidad de energía. Aunque es posible la reutilización de las aguas grises en el hogar para usos que no requieren agua potable (por ejemplo, en el ciclo inicial de las lavadoras), está práctica se ve limitada en general por razones sanitarias.

5.4.3 Captación de aguas pluviales y uso eficiente del agua en jardinería

Las aguas de lluvia que discurren por un tejado u otro camino pueden ser transferidas a través de canalones o tuberías a un contenedor para su uso posterior en actividades de jardinería y lavado de coches. La recogida de aguas pluviales no sólo disminuye el uso doméstico de agua depurada procedente de la red de abastecimiento público, sino que también puede paliar, en parte, la severidad de las descargas de las tormentas. Esta práctica tiene normalmente muy poco impacto ambiental adverso. No obstante, cuando se recogen aguas pluviales procedentes de tejados metálicos, su uso posterior debe tener en cuenta la posible alta concentración de metales pesados en el agua recogida.

Las aguas de lluvia también pueden destinarse a un uso doméstico que no requiera que el agua sea potable. Por ejemplo, el proyecto de viviendas Millennium Green en el Reino Unido utiliza las aguas pluviales no sólo para el riego de los jardines, sino también para su uso en lavadoras y retretes (Environment Agency, 2008b). Comparado con un sencillo aljibe de jardín, un sistema doméstico de agua de lluvia es sofisticado y su instalación puede ser compleja. Suponiendo que el agua de lluvia se recoge y almacena correctamente, puede usarse en retretes, lavadoras y jardines sin más tratamiento.

Además de la captación del agua de lluvia, existen otros procedimientos que pueden limitar el consumo de agua en jardines, parques y espacios verdes. La agregación de compost, estiércol y cortezas de pino favorece la retención de humedad en el suelo, y el riego a primera hora de la mañana o de la tarde disminuye la pérdida por evaporación directa, especialmente en verano. La selección de plantas que toleran la falta de agua, incluyendo las especies resistentes a la sequía, disminuye la cantidad de agua requerida para el riego.

5.4.4 Disminución de pérdidas

Las fugas desde las redes de abastecimiento público pueden causar pérdidas significativas de agua. El



Foto 5.1 © Craig Jewell/Stock.xchng

mantenimiento preventivo y la renovación de la red son fundamentales para minimizar estas pérdidas. Las tecnologías modernas y, en algunos casos, emergentes pueden detectar las fugas, disminuyendo significativamente el tiempo necesario para su detección y localización. Existen sensores que utilizan el ruido generado por la fuga para su localización, radares que pueden detectar las alteraciones en el interior del suelo como las cavidades alrededor de una tubería, gases de traza y dispositivos que utilizan señales de radio para detectar la presencia de flujos de agua.

5.4.5 Aumentar la concienciación

En los años recientes ha habido un notable aumento en la cantidad de información facilitada a los consumidores domésticos y empresariales, lo que en general ha favorecido la disminución del uso del agua. Estas campañas de concienciación pueden utilizar distintos medios, como páginas web, programas educativos en los colegios, folletos editados por las autoridades locales, stands publicitarios en ferias y medios de comunicación de masas (es decir, prensa, radio y televisión). Normalmente cuanto mayor es el alcance geográfico de la campaña, más sencillo debe ser el contenido.

En Alcobendas, una población satélite de unos 90.000 habitantes situada en la periferia de Madrid, se llevó a cabo una acertada campaña sobre el uso sostenible del agua para la concienciación de las autoridades locales, las empresas y el público en general. Esta ciudad ha experimentado un rápido crecimiento urbano e industrial en los últimos años, con la consiguiente presión sobre los recursos de agua locales. La campaña fue iniciada por WWF España/ADENA en colaboración con el programa LIFE de la Comisión Europea (WWF/Adena, 2001). Fue promovida por el Ayuntamiento de Alcobendas, la Comunidad de Madrid y la Confederación Hidrográfica del Tajo.

El proyecto trataba de establecer los medios técnicos, legislativos y educativos, y los mecanismos de mercado necesarios para el cumplimiento de sus objetivos. Para ello fueron fundamentales actividades transversales de sensibilización y educación, incluyendo la formación de profesionales, como constructores, fontaneros y comerciales, en cuanto a los equipos de agua;

- la creación de premios para el mejor proyecto de vivienda economizadora de agua (para profesionales) y la mejor educación en ahorro de agua;
- los talleres sobre el uso racional del agua y un CD-ROM de «autoauditoría» sobre el uso del agua en la industria, el comercio y los servicios;
- la difusión de la información sobre ahorro de agua mediante seminarios, folletos e invitaciones de unión a los proyectos;
- el uso de los medios de difusión, incluyendo la prensa, la radio y la televisión para presentar la información sobre el ahorro de agua.
- El potencial de ahorro de agua por año en Alcobendas ha sido estimado en más de 100 millones de litros de agua al año (WWF/Adena, 2001).

La etiqueta ecológica tiene una importancia creciente en la información de los consumidores para que puedan comprar sus aparatos teniendo en cuenta la eficiencia del agua (y la energía). La etiqueta ecológica de la UE establece unos criterios basados en cada etapa del ciclo de vida de un producto. Por ejemplo, para que una lavadora obtenga la etiqueta ecológica, no debe utilizar más de 15 litros de agua por kilogramo de ropa lavada en un ciclo a 60 °C. Además, deben facilitarse unas instrucciones claras para economizar el agua y la energía.

Además del etiquetado ecológico, el concepto de certificación ecológica se ha ido imponiendo poco a poco en el sector del turismo, especialmente en Europa, donde se encuentra la mayoría de los programas que hay en todo el mundo (Hamele, 2002). Por ejemplo, la autoridad turística de Malta ha establecido un sistema de certificación ecológica para promover

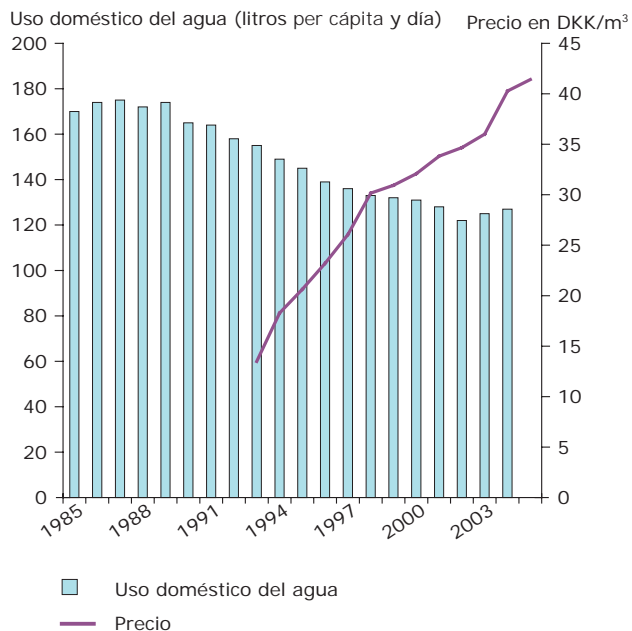
la conservación del agua en los hoteles aplicando un detallado sistema de auditoría (Malta Tourism Authority, 2008). Para obtener la etiqueta, los hoteles han de instalar sistemas de captación de las aguas de lluvia, equipar sus duchas y grifos con equipos economizadores y controlar el uso del agua en sus piscinas. La reutilización del efluente de agua residual tratada es recomendada, pero no obligatoria. Desde 2008 se han certificado 13 hoteles en la isla (casi todos de 4 o 5 estrellas).

5.4.6 Precio del agua y uso de contadores

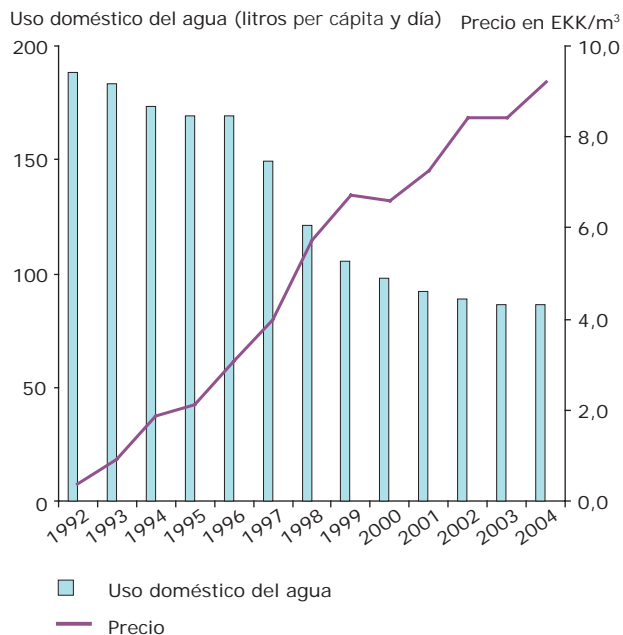
Como establece la Directiva marco del agua, el precio del agua puede ser un instrumento fundamental para poder conseguir un uso público sostenible. Aunque la mayoría de los países europeos están progresando en el establecimiento del precio del agua de abastecimiento público, la cuantificación del efecto de los precios sobre el uso de agua es complicada debido a la variación significativa entre países, la falta generalizada de datos fiables y comparables, las subvenciones transversales y el enmascaramiento causado por otras medidas orientadas a la demanda. No obstante, existen algunos datos que demuestran que el precio del agua tiene un claro impacto en el uso del agua pública. Por ejemplo, en Dinamarca y Estonia, la subida gradual del precio del agua desde principios de la década de 1990 ha causado una disminución significativa del uso doméstico (figura 5.4).

El éxito del precio del agua depende de su enlace con el volumen de agua consumida, ya que refuerza el incentivo del uso eficiente del agua (Comisión Europea, 2000). Con respecto al abastecimiento público de agua, las viviendas particulares y las empresas utilizan contadores para medir el volumen usado. La instalación de contadores favorece la disminución del uso del agua. Por ejemplo, en Inglaterra y Gales, las personas que viven en casas con contador usan un 13% menos que las que viven en casas sin contador (Environment Agency, 2008a). El uso de contadores se va imponiendo en toda Europa, especialmente en las casas unifamiliares, aunque no tanto en los apartamentos, debido en parte a problemas técnicos. Otro aspecto importante del precio del agua de uso doméstico es la capacidad de pago, ya que es un criterio generalmente aceptado que nadie debe menoscabar su higiene personal y su salud por no poder pagar la factura del agua.

Figura 5.4 El precio del agua y el uso doméstico en Dinamarca, 1990-2005 (izquierda) y Estonia, 1992-2004 (derecha)



Fuente: DEPA, 2004, actualizado por la AEMA.



Fuente: Centro de Información Ambiental de Estonia, 2006.

6 Consumo de agua en la agricultura

La agricultura es un usuario significativo de agua en Europa, contribuyendo con un 24% al uso total del agua en la Unión Europea. Sin embargo, dicho porcentaje varía notablemente, pudiendo llegar al 80% en algunas partes de Europa meridional donde el riego de los cultivos absorbe la práctica totalidad del agua usada en la agricultura. En muchas regiones de Europa meridional, el riego de los cultivos se ha practicado durante siglos y es la base de la actividad económica y social. El regadío en ciertas localidades meridionales tiene tanta importancia que, de no practicarse, la situación económica puede agravarse hasta el extremo de causar el abandono de las tierras.

En los Estados miembros del norte de Europa, la contribución de la agricultura al uso total del agua varía desde un porcentaje prácticamente nulo en algunos países hasta más de un 30% en otros (IEEP, 2000). Aunque el agua para el regadío es importante, una proporción significativa del uso del agua en los países del norte se usa para abreviar el ganado y limpiar los establos y corrales. Por ejemplo, en el Reino Unido los 300 millones de m³ de agua extraídos cada año para la agricultura se dividen a partes iguales entre la agricultura de regadío y la ganadería (Defra, 2006). Por regla general, el uso del agua en el sector ganadero de los países del norte tiene lugar en zonas con suficiente lluvia, donde el estrés hídrico es poco frecuente. En consecuencia, este capítulo se centra en el uso del agua para el riego de los cultivos, especialmente en el sur de Europa, donde es predominante y donde su impacto adverso es más acusado.

En las zonas áridas y semiáridas de la Unión Europea, incluyendo gran parte del sur de Francia, Grecia, Italia, Portugal, Chipre y España, el riego permite cultivar en terrenos donde el agua es el factor limitante. En zonas más húmedas y templadas, el riego sirve para regular la disponibilidad estacional del agua atendiendo a las necesidades de los cultivos y disminuyendo el riesgo de pérdidas en las cosechas durante los períodos de escasa precipitación y en las sequías.

Aunque el riego potencia el rendimiento y la calidad de los cultivos, también puede generar y de hecho genera una serie de impactos ambientales negativos, como el de la escasez de agua. Por otra parte, en los regadíos se suele aplicar una gran cantidad de fertilizantes y pesticidas para aumentar la producción.



Foto 6.1 © Griszka Niewiadomski/Stock.xchng

El aporte de estos agroquímicos suele ser mayor que en la agricultura tradicional de secano, teniendo por lo general un impacto adverso en la la calidad del agua.

Los efectos perjudiciales de un uso excesivo de agua en la agricultura se agravan por ser en gran medida un uso consuntivo. Aunque una parte del agua de riego «retorna» vía percolación hacia los acuíferos, el consumo por incorporación a la planta y evapotranspiración es normalmente muy significativo, de manera que aproximadamente un 70% del agua extraída no retorna a una masa de agua (Molle y Berkoff, 2007).

6.1 Fuerzas motrices históricas en la agricultura de regadío

6.1.1 Aumento de la productividad

El regadío representa menos de una quinta parte de la superficie total cultivada en el planeta, pero produce unas dos quintas partes de los alimentos del planeta (Doll y Siebert, 2002). Este dato estadístico ilustra claramente el aumento de producción proporcionado por el regadío. En Italia y España, la agricultura de regadío contribuye en más de un 50% a la producción agrícola total y en más de un 60% al valor total de los productos agrícolas (OCDE, 2006). Sin embargo, el

regadío ocupa sólo un 21% y un 14% de la superficie agrícola total de Italia y de España, respectivamente. Una estadística similar se encuentra a escala regional; por ejemplo, en la región de Castilla-La Mancha, el regadío ocupa un 11% de la superficie agrícola total, aunque genera más del 40% de su producción agrícola total (Álvarez y Matamala, 2004). El aumento de rendimiento causado por el riego de los cultivos también se ha determinado mediante estudios experimentales. Por ejemplo, Ferreira y Gonçalves (2007) han demostrado que, respecto a los cultivos de secano, el riego total aumentó más de un 360% la cosecha de patata en el nordeste de Portugal.

6.1.2 Pautas comerciales y subvenciones

Aunque los recientes compromisos de la Organización Mundial del Comercio están impulsando una disminución gradual de las protecciones fronterizas (AEMA, 2006b), la influencia de los mercados y la competencia en la agricultura de la UE se ha visto tradicionalmente amortiguada por los subsidios prestados a los agricultores. Estos subsidios han evitado que la agricultura satisfaga el coste real del uso del agua, aunque es cierto que en la mayoría de los Estados miembros se aplica un sistema de tarifas vía permiso, licencia y costes de uso más genéricos en la extracción de agua para la agricultura. En el conjunto de la UE, especialmente donde los organismos públicos administran las grandes redes de riego, el precio del agua pagado por los agricultores rara vez refleja el

coste real y ambiental del recurso y, por lo tanto, el precio no actúa como incentivo para disminuir la sobreexplotación.

Además de los mecanismos nacionales de financiación, la Política Agrícola Común (PAC) ha aportado tradicionalmente una significativa ayuda a ciertos cultivos de regadío. Estas subvenciones han amortiguado el impacto de los mercados globales y la competencia, y han aumentado el consumo de agua, además de haber favorecido la sustitución de los cultivos de secano por cultivos de regadío. Por ejemplo, en España la producción de olivar ha sido tradicionalmente de secano, pero actualmente es la principal consumidora de agua en la cuenca del río Guadalquivir en Andalucía (WWF, 2005), donde ya hay unas 300.000 hectáreas de este cultivo en regadío.

La PAC también ha subvencionado cultivos tan intensivos en consumo de agua como el algodón y el arroz, en los que se suelen utilizar técnicas de riego ineficientes. Por ejemplo, una proporción significativa del cultivo del algodón en Grecia utiliza la técnica de riego por inundación, que es un sistema que necesita unos 20.000 litros de agua para producir un kilo de cosecha debido al alto nivel de escorrentía y evaporación. El riego por goteo del algodón sólo necesita unos 7.000 litros de agua por kilo de algodón, lo que sigue siendo siete veces superior al volumen de agua necesario para producir un kilo de trigo (WWF, 2006a).



Foto 6.2 Olivares de regadío en un paisaje árido de Creta © Pavel St'astrny

Aunque el vínculo entre las subvenciones y la producción ha contribuido al desarrollo de la agricultura de regadío, las recientes reformas de la PAC están favoreciendo su desacoplamiento. Además, las reformas han potenciado los incentivos para practicar una agricultura respetuosa con el ambiente mediante la adopción de regímenes agroambientales que incluyen medidas específicas para el uso del agua orientadas hacia un uso más sostenible del agua en la agricultura.

6.2 Fuerzas motrices futuras en la agricultura de regadío

6.2.1 Cambio climático

El futuro aumento de la temperatura y el nivel de dióxido de carbono atmosférico es previsible que alargue la estación de crecimiento de los cultivos, con el consiguiente aumento de las cosechas y, por lo general, el desplazamiento de los cultivos hacia el norte en toda Europa. Estos cambios ya se han comprobado en las últimas décadas y, por ejemplo, el trigo invernal florece en la actualidad con unas 2-3 semanas de antelación en comparación lo que ocurría hace 30 años (Genovese, 2004). No obstante, el grado de materialización de dichos aumentos de rendimiento en el futuro depende de la disponibilidad de agua.

El promedio anual de la disponibilidad de agua es probable que aumente por lo general en el norte de Europa. Sin embargo, la disponibilidad de agua durante los meses de verano, cuando los cultivos presentan picos en su demanda de agua, puede disminuir en algunas áreas. En el sur de Europa, el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación supondrán una disminución de las reservas de agua, dando lugar a sequías más prolongadas y severas, lo cual empeorará aún más la situación. Cabe esperar que las necesidades de agua para el regadío aumenten en determinadas áreas del sur y en algunas regiones del norte. Sin una gestión adecuada, es probable que la competencia por el agua entre la agricultura y otros sectores aumente, al tiempo que se agrava el problema de la escasez de agua. En algunos lugares del sur, la carencia de agua en el futuro puede limitar la actividad agrícola, acortando la estación de cultivo.

6.2.2 Cultivos de biocombustibles y regadío

La Unión Europea y sus Estados miembros se han comprometido a aumentar el uso de fuentes de energía renovable, incluyendo la biomasa, con el objetivo europeo de que el porcentaje de biocarburantes en el transporte comunitario alcance un 10% en 2020. Así, la demanda de cultivos energéticos es previsible que aumente notablemente y, en consecuencia, la producción agrícola total. El consecuente cambio en los usos del suelo y en las prácticas de producción

puede influir significativamente en el consumo de agua agrícola, dependiendo del tipo de cultivo. Si la demanda de biomasa procedente de los cultivos energéticos se cubre por los cultivos herbáceos tradicionales, es probable que aumente la demanda de agua para la agricultura y, como consecuencia, es posible que el regadío aumente en mayor medida.

La introducción de nuevos cultivos energéticos puede alterar las pautas de uso del agua, aunque el resultado será un aumento o una disminución en función del tipo de cultivo introducido, el tipo de cultivo sustituido o la gestión de ambos. En zonas con escasez de agua, cualquier introducción de nuevos cultivos energéticos no debe suponer un aumento en el uso del agua, sino que debe servir para disminuir la demanda de agua de la agricultura. En este sentido, algunos cultivos energéticos con menos necesidades de agua (como el panizo de pradera) o más tolerantes a la sequía (como cardo y la jatrofa) son claramente preferibles a los actuales cultivos energéticos de primera generación (AEMA, 2006a; CCI/AEMA, 2006).

6.3 El regadío en Europa

El suministro de agua en un sistema de riego depende de la presión y, más tradicionalmente, de la gravedad (sin presión). Los sistemas de presión comprenden la aspersión y el goteo, mientras que los sistemas de gravedad incluyen la inundación de campos enteros y el riego por surcos que usa canales de poca profundidad o regueros que acercan el agua a los cultivos. Los sistemas de presión transportan el agua de una manera más eficaz que los sistemas por gravedad. Aunque el sistema de gravedad se sigue utilizando ampliamente en Europa, sobre todo en el sur, poco a poco está siendo sustituido.

El agua para el riego puede extraerse desde las aguas subterráneas, usando pozos y sondeos, o desde las aguas superficiales usando las balsas y los ríos situados dentro de la propia explotación agraria, o desde las aguas superficiales situadas fuera de la propia explotación agraria usando una infraestructura de distribución conectada, por ejemplo, a un embalse. La constante expansión de todas estas fuentes de agua ha impulsado el desarrollo de la agricultura de regadío en Europa. Sin embargo, la extracción ilegal de agua para su uso en la agricultura es habitual en ciertas áreas, especialmente en el caso de las fuentes subterráneas (Llamas y Garrido, 2007; WWF, 2006a; WWF, 2006b). Los usos ilegales del agua incluyen la perforación de pozos sin licencia y el exceso de extracción por encima del volumen autorizado usando pozos con licencia. Además, puede ocurrir un exceso de extracción desde aguas superficiales cuando se usan equipos de bombeo transportables.

El riego puede ser «permanente», que es el practicado durante todo el año; «complementario o de apoyo»,

que es el que se realiza en cortos períodos de tiempo dentro de la estación seca o en picos de las estaciones de crecimiento y maduración; y «temporal u ocasional», que es el que se practica sólo en los años de especial escasez (IEEP, 2000). En general, el riego ocasional y el de apoyo se practican sobre todo en el norte de Europa, mientras que el riego permanente predomina especialmente en el sur.

Los distintos tipos de cultivo necesitan unos riegos que varían en intensidad, pudiendo dividirse en cuatro categorías principales (IEEP, 2000):

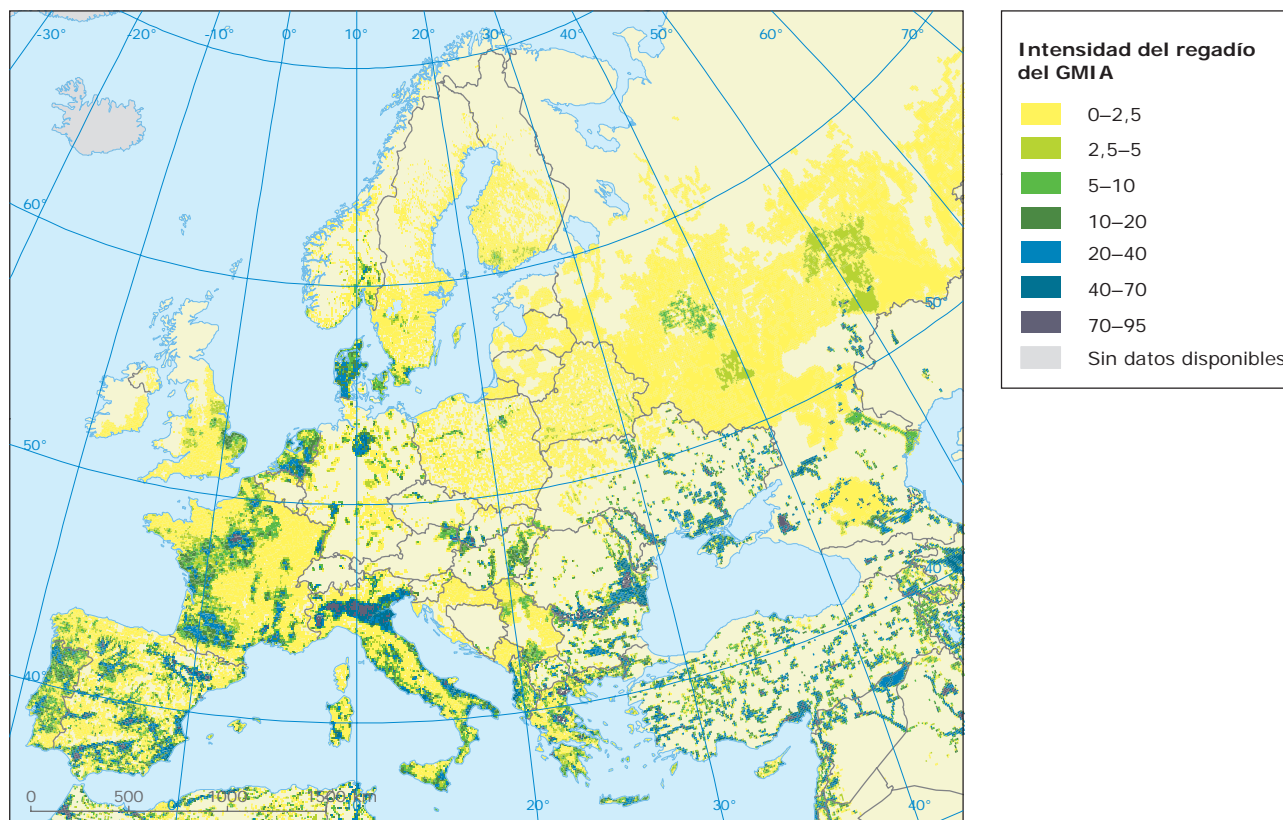
- cultivos extensivos, característicos de las regiones áridas, que son en general permanentes y de menor valor;
- cultivos semi-intensivos, que son regados en algunas estaciones o durante la mayor parte del período de cultivo, por ejemplo los cereales, las semillas oleaginosas y el maíz;
- cultivos intensivos, que en general tienen un alto valor, siendo el riego crucial para el mantenimiento de los rendimientos y la calidad, por ejemplo, de los tubérculos, los cultivos industriales y los cultivos hortícolas al aire libre o en invernadero;

- cultivos saturados, por ejemplo el arroz, que requieren la inundación de los campos.

6.3.1 Superficie de regadío

A partir de diversas fuentes, que incluyen los mapas de uso del suelo, las imágenes de teledetección y los informes estadísticos, Siebert *et al.* (2007) han elaborado una base de datos global sobre la superficie equipada para el riego con una resolución espacial de 5'. El mapa de Europa resultante (mapa 6.1) ilustra la extensión y la intensidad de la superficie agrícola equipada para el riego, mostrando una concentración amplia, aunque no exclusiva, en el sur de Europa. La intensidad es mayor en el sur de Rumanía, norte de Italia (la llanura del Po), España y algunas zonas de Grecia y Turquía. Más al norte también hay localizaciones con un alto porcentaje de tierras en regadío, por ejemplo en la región de Anglia Oriental en el Reino Unido. Sin embargo, hay que señalar que la información sobre la «superficie equipada para el riego» no indica cuánta agua se utiliza ni con qué frecuencia. En ciertas partes del norte de Europa hay grandes superficies equipadas para el riego intensivo donde el riego se practica únicamente en contadas ocasiones durante los veranos muy secos.

Mapa 6.1 Intensidad del regadío en Europa, representada por el porcentaje de superficie equipada para el riego, en cuadrículas de 5', según el Mapa Global de Superficies de Regadío (GMIA)



Fuente: GMIA; Siebert *et al.*, 2007.

El patrón espacial ilustrado en el mapa 6.1 también se refleja a grandes rasgos en los datos nacionales del Estudio de Estructura Agraria (EEA) de Eurostat, que cuantifica la «superficie equipada para el riego». Esta información, resumida en la figura 6.1 para algunos países seleccionados, confirma que los Estados miembros meridionales poseen la mayor superficie equipada para el riego en términos absolutos (en 2005), siendo Italia (3,97 millones de hectáreas), España (3,77 M ha), Francia (2,71 M ha), Grecia (1,59 M ha), Rumanía (0,81 M ha) y Portugal (0,62 M ha) los seis primeros. En total, estos seis países representan casi el 84% de la superficie de regadío de la EU27.

Italia (a partir de 1995), España, Francia y Grecia presentan una considerable tendencia al alza en cuanto a la superficie equipada para el riego entre 1990 y 2005. Este aumento ha sido muy rápido en España y Francia, aunque ambos países presentan una pequeña disminución entre 2003 y 2005. Portugal presenta una disminución general de la superficie equipada para el riego entre 1990 y 2005. En conjunto, cabe esperar que la superficie de regadío de los países del norte del Mediterráneo permanezca constante en los próximos años (Plan Azul, 2005), aunque la política de desarrollo agrícola en los países del Mediterráneo meridional y oriental (por ejemplo, Argelia, Marruecos, Siria y Turquía) incluye planes de expansión de la superficie de regadío (Plan Azul, 2005). En este sentido, cabe destacar que en países como Turquía la agricultura juega un papel más destacado en la economía nacional que en cualquier otra zona y que el elevado uso del

agua en este sector se compensa parcialmente por el uso relativamente bajo en la industria.

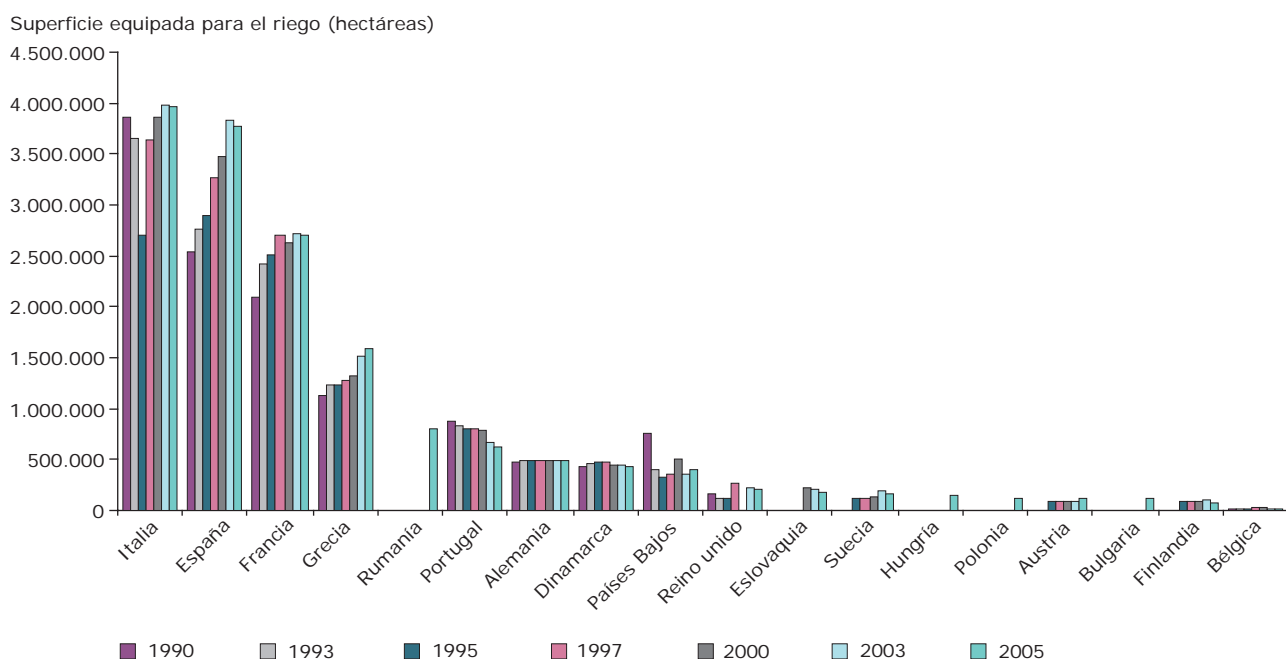
6.3.2 Extracción a escala nacional

La «superficie de regadío» o la «superficie equipada para el riego» son indicadores útiles, pero sólo facilitan una idea aproximada del uso actual del agua. Un indicador alternativo y más directo es el proporcionado por los datos del volumen anual de agua extraída (m³/año) para la agricultura, facilitados a escala nacional por los Estados miembros en el cuestionario conjunto de la OCDE y Eurostat. Estos datos confirman que el volumen extraído es mucho mayor en el sur de Europa que en las demás regiones (figura 6.2). Sólo en Turquía, la extracción de agua para la agricultura superó los 36.000 millones de m³ en 2004. También hay que señalar la disminución del uso del agua en la agricultura de Europa oriental desde 1990, tras la caída de la Unión Soviética y la consiguiente pérdida de actividad económica (AEMA, 2004). Esta disminución sugiere la posibilidad de un futuro aumento del regadío en dicha región. Por ejemplo, Rumanía ha comenzado la rehabilitación y modernización de sus sistemas de regadío (Banco Mundial, 2007).

6.3.3 Demanda del regadío

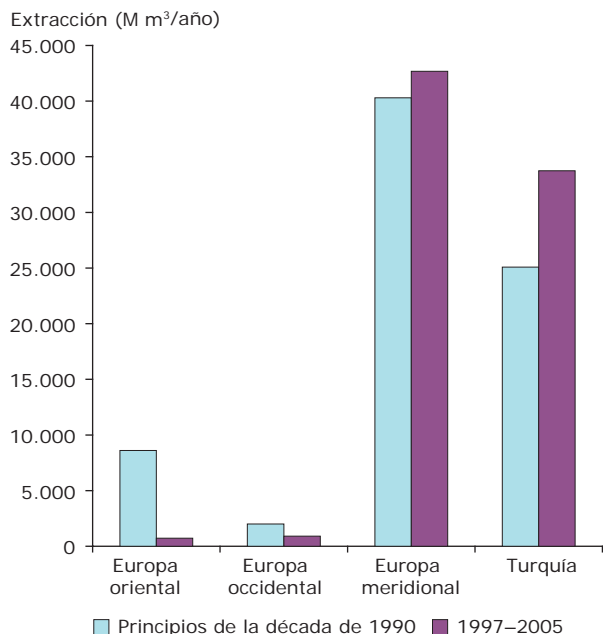
Combinando la información de la superficie equipada para el riego (mapa 6.1) con la de un modelo de suelo-agua-cultivo, el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea ha realizado un pronóstico de

Figura 6.1 Tendencia de la «superficie equipada para el riego» (hectáreas) en algunos países



Fuente: AEMA, según datos de la tabla de Eurostat: Regadíos: número de explotaciones, áreas y equipos por tamaño de la explotación y región.

Figura 6.2 Extracción de agua para el regadío (millones de m³/año) a principios de la década de 1990 y en 1997-2005



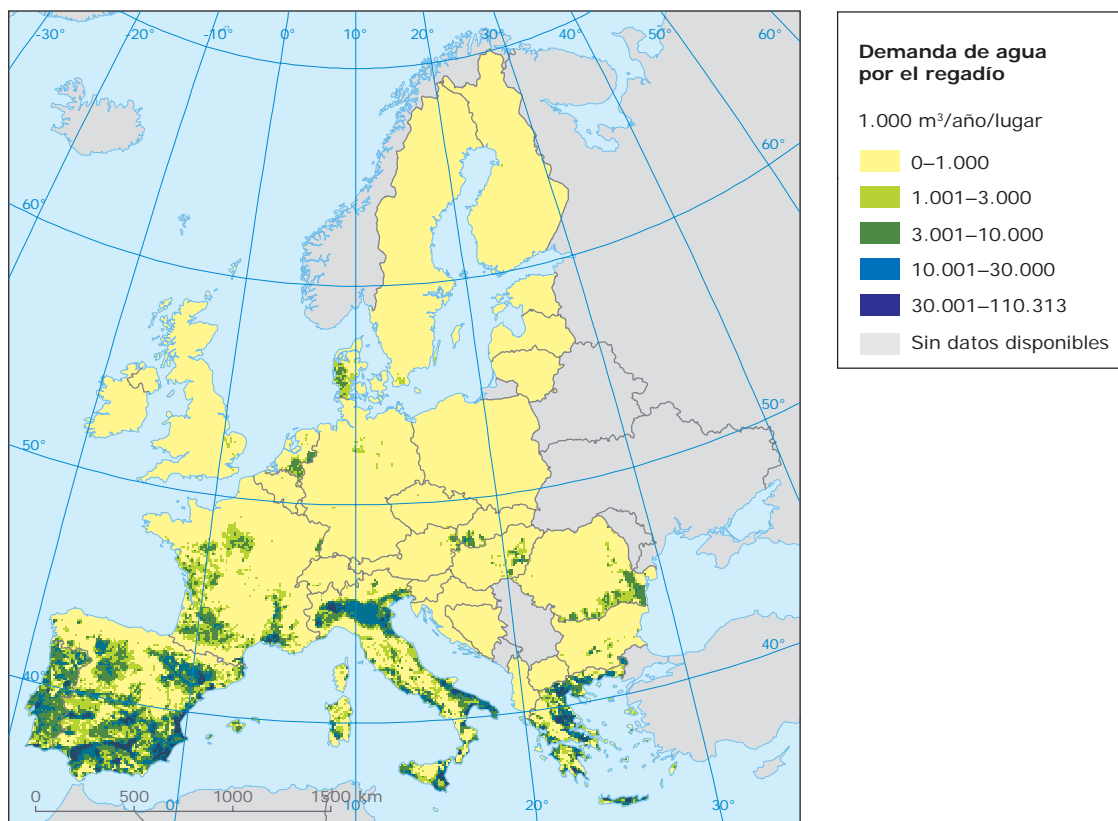
Fuente: Indicador básico de la AEMA CSI 18, basado en los datos de la tabla de Eurostat: Extracciones anuales de agua por fuente y sector.

la demanda de agua para el riego en la UE y Suiza (Wriedt *et al.*, 2008; mapa 6.2). Los resultados reflejan la importancia del regadío en la agricultura de buena parte de Europa meridional e ilustran el volumen aproximado de la demanda de agua para el riego por unidad espacial definida (celda de 10 km x 10 km). La extracción actual puede superar la demanda indicada en el mapa 6.2 debido a la ineficiencia (pérdidas) en los sistemas que transportan el agua hasta los cultivos.

6.4 Uso sostenible de agua en la agricultura

Los sistemas tradicionales orientados hacia la oferta tratan de garantizar un suministro de agua suficiente para la agricultura mediante la construcción de embalses, trasvases entre cuencas y la explotación de nuevos lugares de extracción de aguas superficiales y subterráneas. Sin embargo, estas prácticas generalmente no resultan sostenibles a largo plazo, sino que agravan el impacto desfavorable del uso del agua en la agricultura. Por el contrario, algunas medidas orientadas hacia la demanda, junto con determinados sistemas de oferta potencialmente sostenibles, pueden conseguir que el uso del agua en la agricultura resulte más sostenible. Éstas medidas incluyen la reutilización

Mapa 6.2 Demanda media del regadío según su localización (celda de 10 x 10 km) en la UE y Suiza (1.000 m³/año/emplazamiento en el período de simulación 1995-2002)



Fuente: Wriedt *et al.*, 2008.

de las aguas residuales depuradas, la mejora de los sistemas de regadío, la modificación de las prácticas agrarias, la aplicación de políticas como la del precio del agua y la puesta en marcha de programas de asesoramiento a los agricultores.

6.4.1 Reutilización de aguas residuales

En áreas con escasez de agua, las aguas residuales depuradas constituyen una fuente alternativa para la obtención de agua para el riego de los cultivos. En función del grado de depuración, dichas aguas pueden ser relativamente ricas en nutrientes, lo que disminuye la necesidad de aplicar fertilizantes inorgánicos adicionales. En Europa existen algunos casos de la aplicación con éxito de aguas residuales en la agricultura, por ejemplo en Gran Canaria, España, donde un 20% del agua utilizada en todos los sectores procede de aguas residuales depuradas, incluyendo la usada para regar unas 5.000 hectáreas de tomate y 2.500 hectáreas de plátano (Grupo de Trabajo EUWI sobre reutilización de aguas residuales del Mediterráneo, 2007). De manera similar, el tratamiento terciario de las aguas residuales urbanas en Vitoria, capital administrativa del País Vasco, suministra unos 3 Hm³/año de agua para el riego de las tierras agrícolas cercanas y está previsto el aumento de dicho volumen hasta unos 8 Hm³/año (Grupo de Trabajo EUWI sobre reutilización de aguas residuales del Mediterráneo, 2007). Chipre también reutiliza aguas residuales sometidas a tratamiento terciario, destinando más de la mitad de las mismas al riego de los cultivos, bien directamente o a través de la recarga artificial de los acuíferos. El Gobierno de Chipre espera que la reutilización de aguas residuales llegue a satisfacer un 28,5% de la demanda anual de la agricultura en 2012.

Aunque la reutilización de las aguas residuales en la agricultura puede beneficiar a los recursos de agua, su uso suscita cierta preocupación debido a sus efectos sobre la contaminación del suelo y la salud pública, especialmente en lo referente a los patógenos y las sustancias peligrosas. En consecuencia, esta práctica está regulada según criterios o normas de calidad, que toman como parámetro, por ejemplo, las concentraciones microbianas, a menudo reguladas de acuerdo con unas directrices preestablecidas (por ejemplo, las de la Organización Mundial de la Salud). Algunos países aplican además ciertas normas sobre la técnica de riego y la distancia mínima de separación entre los regadíos y las áreas y caminos residenciales. No obstante, actualmente no existe una normativa europea armonizada y las normas de calidad aplicadas varían en función de los países.

6.4.2 Mejorar la eficiencia en los regadíos

La eficiencia del agua en los regadíos puede aumentar mejorando la eficiencia del transporte de agua, mejorando la aplicación del agua en el terreno, o ambas simultáneamente.

La eficiencia del transporte se refiere al porcentaje de agua extraída que llega al campo. Hay grandes diferencias en cuanto a la eficiencia del transporte en función del tipo de red de riego. La eficiencia de las redes de acequias abiertas varía entre un 60% y un 95%, dependiendo de la calidad de su mantenimiento, el revestimiento utilizado y la longitud de las acequias. La eficiencia media del transporte por una acequia de tierra de mediana longitud (200 - 2.000 m) y con buen mantenimiento se cifra en un 75% en Andalucía, mientras que por acequias revestidas alcanza el 95% (Rodríguez-Díaz, 2004). Por lo tanto, la conversión de una red de acequias abiertas por otra de tuberías a presión puede ser una medida importante para el ahorro de agua. Por ejemplo, en la Costa Azul de Francia, dicha conversión ahorra unos 300 M m³ /año (Dworak *et al.*, 2007).

La eficiencia de la aplicación en el terreno es la relación entre el agua usada en un cultivo y la cantidad total de agua transportada hacia ese cultivo, indicando si el sistema de riego que conduce el agua hasta las raíces de la planta funciona correctamente. Existe un marcado contraste entre las acequias y los sistemas de aspersión y goteo, ya que la eficiencia de las acequias es de un 55%, mientras que la de los aspersores es de un 75%, alcanzando la del goteo un 90% (Dworak *et al.*, 2007). Sin embargo, el sistema de riego por goteo no es el adecuado para todos cultivos y en todo tipo de suelo.

Sin embargo, el aumento de la eficiencia en el regadío puede tener poca repercusión o incluso aumentar el uso del agua en caso de que una mayor eficiencia contribuya a la expansión de la superficie de regadío. García (2002) comprobó que la subvención de la tecnología del riego por goteo, en la Comunidad Autónoma de Valencia, España, no disminuyó la dotación de agua aplicada. Algunas investigaciones en Creta han puesto de manifiesto que la eficiencia técnica de algunos agricultores que utilizan el riego por goteo es baja, por lo que no están explotando todo el potencial de ahorro de los recursos de agua (OCDE, 2006). Por lo tanto, cualquier instalación de un sistema de riego mejorado debe ir acompañada del asesoramiento técnico a los agricultores.

6.4.3 Modificación de las prácticas agrícolas

Los cultivos varían en cuanto a su resistencia a la sequía, la necesidad de agua y el momento del año en que su requerimiento de agua es máximo. Estos factores, junto con la gestión del regadío y la conservación de la humedad del suelo, pueden disminuir el uso del agua por los cultivos.

La tolerancia del cultivo a la sequía depende en parte de la profundidad de las raíces. Los cultivos con raíces profundas, como la uva y la alfalfa son capaces de extraer la humedad de los horizontes del suelo más profundos, a diferencia de los cultivos de raíces poco profundas

(como el maíz y el guisante) y, por lo tanto, resisten mejor las épocas con estrés hídrico. Los cultivos también varían en cuanto al momento en que se presenta el pico de la demanda de agua. Por ejemplo, la demanda de agua del maíz se concentra en los meses de verano, que es cuando el estrés hídrico es máximo. Por el contrario, los cultivos de colza, trigo de invierno y cebada de invierno ocupan los meses de otoño e invierno, cuando la cantidad de agua disponible es mayor. La duración del calendario de cultivo también puede utilizarse como técnica de disminución del uso del agua en los regadíos. Por ejemplo, una siembra temprana puede favorecer la captación de las aguas de lluvia en invierno, de manera que la necesidad de los riegos complementarios disminuye. La siembra temprana también permite evitar los momentos de extrema evapotranspiración que en el Mediterráneo ocurren en verano.

Los cultivos varían considerablemente en cuanto a su consumo de agua. Amigues *et al.* (2006) señalan que el maíz, con un promedio en el volumen de riego de 1.300 m³/ha, es el cultivo más intenso en cuanto al consumo de agua en Francia. Por el contrario, la soja sólo necesita 900 m³/ha, la remolacha azucarera y la patata 800 m³/ha, y el girasol y el sorgo 600 m³/ha. Consideraciones económicas aparte, la sustitución de los cultivos con alta demanda de agua por otros con baja demanda de agua (y tolerantes a la sequía) es una opción evidente para la reducir el uso del agua en los regadíos. Sin embargo, el éxito de dicha sustitución depende en gran medida de los precios de mercado. Además del cambio por cultivos menos consumidores de agua, también se puede optar por revertir las tierras desde el sistema de regadío al sistema de secano tradicional, especialmente en las regiones con un acusado estrés hídrico. Aunque un cambio total del sistema agrícola puede tener un impacto notable en el uso del agua, también conlleva una serie de problemas socioeconómicos que pueden no hacerlo económicamente viable en algunos lugares.

El riego con déficit es una técnica que trata de reducir la cantidad de agua aplicada por debajo de la «necesidad teórica de riego», siguiendo el criterio de que el importante ahorro de agua conseguido compensa la modesta disminución del rendimiento de los cultivos. Este enfoque parte de la base de que la producción máxima no garantiza necesariamente la rentabilidad máxima. De hecho, se ha demostrado que una reducción del agua de riego en un 40% sólo disminuyó el rendimiento del trigo en un 13% (Pereira *et al.*, 2002). En el caso de la patata, se puede ahorrar un 20% de agua con una disminución del rendimiento de sólo un 10%, mientras que en el caso de la uva, una disminución del consumo de agua de un 16,5% en los años lluviosos y un 53% en los años con escasez no tiene un impacto significativo en la producción de uva ni en la calidad del mosto (Battilani, 2007). En el caso del maíz, la pequeña disminución del rendimiento causada por un ahorro de agua del 20% puede ser enteramente compensada por la

disminución de los costes del riego y el secado (Amigues *et al.*, 2006).

Ajustando el tiempo de riego para su adaptación a las necesidades del cultivo se puede ahorrar una cantidad significativa de agua. (Amigues *et al.*, 2006). Sin embargo, este enfoque requiere que los agricultores tengan una buena formación y conozcan bien cuestiones como la variación temporal de la demanda de agua del cultivo y la estimación de la humedad del suelo. No obstante, algunas iniciativas de investigación han obtenido resultados alentadores. Por ejemplo, el proyecto «Hagar» (Comisión Europea, 2007c) trataba de facilitar la toma de decisiones sobre el riego con la ayuda de sensores microclimáticos y sensores de humedad del suelo *in situ* y en tiempo real. Este proyecto se llevó a cabo en un terreno agrícola situado encima de un acuífero sobreexplotado de España, sirvió para formar a los agricultores y técnicos, y consiguió un cierto ahorro de agua.

También se han obtenido resultados notables con otros cultivos muy intensivos en consumo de agua, como el maíz o la remolacha, ahorrando entre un 20% y un 30% comparado con las prácticas normales (WWF, 2006a). Otros estudios han analizado el impacto ambiental del riego de los olivares. Actualmente, el riego de las plantaciones de olivar suele tener poco fundamento agronómico en lo que respecta a la cantidad y el momento de la aplicación del agua; muchos agricultores aplican más agua de la necesaria o aconsejable para la salud del olivar y el buen estado de la tierra. En Andalucía, las autoridades, las asociaciones de agricultores y los investigadores han puesto en marcha algunas iniciativas positivas para promover un uso más racional del riego en el olivar (Beaufoy, 2000).

La agricultura sin laboreo consiste en dejar el suelo intacto y cubierto por los residuos del cultivo tras su cosecha. En comparación con los métodos de labranza tradicional, dicha práctica se ha demostrado que disminuye la pérdida de agua por evapotranspiración y por lo tanto mantiene un mayor nivel de humedad en el suelo, lo que permite disminuir la cantidad de agua requerida para el riego (Christensen *et al.*, 1994).

6.4.4 Política agrícola

Las recientes reformas de la PAC (Agenda 2000 y la revisión intermedia) han desacoplado las subvenciones de los niveles de producción en la agricultura y, por lo tanto, han podido disminuir el consumo de agua en la agricultura. Estas reformas también conllevan la aplicación de un mecanismo de «condicionalidad» que exige que todos los agricultores que reciban subvenciones directas con cargo a distintos programas cumplan una serie de «requisitos de gestión obligatorios» en materia de medio ambiente, bienestar animal, enfermedades de los animales y salud pública.

El pago de las subvenciones también depende de que los agricultores mantengan sus tierras en «buenas condiciones agrarias y medioambientales». Estos requisitos conllevan una buena gestión de los recursos de agua, cuestión subrayada en el «chequeo de salud» de la PAC de 2008, que incluye como requisito el respeto a los procedimientos de autorización para el uso del agua de riego.

Además del desacoplamiento y la condicionalidad, la normativa de desarrollo rural de la PAC incluye la aplicación de medidas agroambientales y de modernización agraria, incluyendo la subvención de los agricultores que adopten compromisos agroambientales concretos que vayan más allá de las buenas prácticas agrarias habituales y que incluyan una mejora de la eficiencia en los regadíos.

6.4.5 Precio del agua en la agricultura

El precio del agua es un mecanismo potencialmente eficaz para poder modificar el volumen de agua usado en los regadíos. Su aplicación ha recibido un impulso en Europa gracias al principio de «recuperación de costes» de los servicios del agua establecido en la Directiva marco del agua. El precio puede disminuir el uso del agua a través de diversas iniciativas al alcance de los agricultores, incluyendo la mejora de la eficiencia del riego, la disminución de la superficie de regadío, el abandono del regadío y la modificación de prácticas agrícolas como las pautas de cultivo y el momento del riego.

Sin embargo, hasta la fecha el precio del agua se ha aplicado sólo a pequeña escala en los regadíos europeos y a menudo asociado con otros instrumentos, como las cuotas. Consecuentemente, hay muy poca información disponible para poder valorar el éxito y las limitaciones de la aplicación del precio del agua en la agricultura y determinar en la práctica su aplicación óptima. Una excepción es la cuenca del Guadalquivir en España donde las comunidades de regantes del Genil Cabra y Fuente Palmera implantaron una nueva estructura de tasas en sustitución de la antigua tasa por superficie (Maestu, 1999). El nuevo sistema incluye un canon fijo y una tasa variable en función de la cantidad usada, de manera que los agricultores pagan en promedio bastante más que con el sistema anterior. Con ello, el consumo de agua ha disminuido un 30% (en los mismos cultivos), lo que equivale a un ahorro de agua de unos 2.000 m³/ha/año (Maestu, 1999).

Para que el precio del agua sea un incentivo eficaz en la conservación del agua, la estructura de precios del agua de uso agrícola necesita ser un elemento variable (frente a una tarifa plana), de manera que el coste aumente según el volumen de consumo (Comisión Europea, 2000; OCDE, 2008). Rodríguez-Díaz (2004) demuestra que en las áreas de regadío de la cuenca del Guadalquivir (España) en las que aplican un precio

del agua según volumen, usan, en promedio, un 10-20% menos que los que aplican una tarifa plana, con independencia de la cuantía de dicha tarifa plana. De manera similar, Hernández y Llamas (2001) han observado que los agricultores que pagan por volumen usan un 25-35% menos de agua que los que pagan un canon fijo.

La conversión del canon fijo en precio por volumen requiere la instalación de contadores y, aunque actualmente hay una carencia general de estos dispositivos, su número está aumentando rápidamente. En la cuenca del sistema Adour-Garona, en el sur de Francia, el número de contadores ha aumentado drásticamente desde mediados de la década de 1990 debido a la ayuda económica de la agencia regional del agua (Dworak *et al.*, 2007)

También conviene señalar que el aumento del precio del agua no siempre implica una reducción de su uso en la agricultura, especialmente cuando la factura del agua sólo es una pequeña parte de la renta o los costes totales de producción del agricultor; cuando no están disponibles otras alternativas en cuanto a cultivos o prácticas de riego debido a limitaciones técnicas, sociales o económicas; o cuando el total del conjunto de tasas incluye fundamentalmente los costes fijos (Rieu, 2006). En la cuenca del Duero, en España, donde el número de cultivos es limitado, Gómez-Limón *et al.* (2007) han observado que la renta del agricultor debe disminuir un 25-40% para que el aumento del precio del agua tenga un impacto en su uso. En los sistemas de riego con un alto grado de eficiencia del agua y en los producen cultivos de alto valor, la «elasticidad» de los precios tiende a ser baja (Dworak *et al.*, 2007).

Hay situaciones en las que un aumento del precio del agua no causa una disminución significativa del uso del agua en la agricultura, aunque, en general, un sistema de precios que tenga en cuenta las condiciones locales de carácter ambiental, económico e institucional puede ser un buen incentivo para promover el uso sostenible y alcanzar los objetivos ambientales con una mayor eficacia de los costes.

6.4.6 Asesoramiento, educación y divulgación de la información

Las medidas políticas y tecnológicas deben ir acompañadas de actividades de asesoramiento, educación y divulgación de la información para que los agricultores puedan conseguir un resultado óptimo en relación con el uso del agua en la agricultura. En general, en toda Europa hacen falta más programas de asesoramiento con accesibilidad para un mayor número de agricultores (Dworak *et al.*, 2006). En este sentido, los programas de desarrollo rural de la PAC pueden desempeñar un papel clave, ya que los servicios de asesoramiento son medidas propuestas en la normativa de desarrollo rural.

Recuadro 6.1 El caso de la cuenca del río Júcar en España

La cuenca del río Júcar, en el sureste de España, ocupa una superficie de unos 43.000 km² y se extiende por cuatro Comunidades Autónomas: Aragón, Castilla-La Mancha, Cataluña y Valencia. Los bosques y espacios seminaturales cubren el 50% del terreno y la agricultura de secano cubre un 40%. El 8% de la agricultura de la cuenca es de regadío y se encuentra sobre todo en áreas costeras y dentro de la región de La Mancha, aunque representa un 79% del uso total del agua de todos los sectores, el cual se cifraba en unos 3.625 hm³/año en 2001 (CHJ, 2004). Los principales cultivos de regadío incluyen mandarinas (27%), naranjas (19%), cebada (6%), maíz (6%), arroz (4%) y trigo (4%). También hay unas 45.000 ha de humedal, cuatro de ellos incluidos en el Convenio de Ramsar sobre humedales.

El clima en la cuenca del Júcar es de tipo mediterráneo, con una precipitación media anual de 500 mm y grandes diferencias entre los valores mínimos y máximos, desde 250 mm en el sur hasta 900 mm en el norte. La precipitación suele concentrarse en algunos episodios intensos de corta duración, especialmente en otoño, cuando pueden caer más de 300 mm en 24 horas. Este régimen de precipitaciones contrasta con la demanda de agua por la agricultura, que alcanza su pico más alto durante los meses de verano. Para corregir este desequilibrio, existen numerosos embalses que regulan el caudal del río en la región, prolongando así el potencial de suministro de agua. El suministro de agua de uso agrícola se obtiene desde las aguas superficiales y subterráneas, además de dos plantas desalinizadoras (Jacarilla y El Campillo) de las 17 que existen actualmente en la cuenca del río Júcar, que aportan más de 3.700.000 m³/año (CHJ, 2004).

El regadío ha aumentado constantemente en las últimas décadas en toda la cuenca del río Júcar, desde unas 300.000 ha a mediados de la década de 1970 hasta más de 350.000 ha a finales de la década de 1990. Desde entonces, la superficie de regadío se ha mantenido relativamente constante, fluctuando entre unas 320.000 y 355.000 ha. Algunas áreas de la cuenca han experimentado un aumento más rápido; por ejemplo, en Castilla-La Mancha, la superficie de regadío aumentó unas 86.000 ha entre 1999 y 2005. En particular, el riego del olivar, un cultivo tradicionalmente de secano, casi se triplicó en dicho período, mientras que la vid de regadío se duplicó (MAPA, 2008).

El aumento de la superficie de regadío en la década de 1990 se debió en parte a la aplicación de la PAC, que concedió «subvenciones directas» a los cultivos de regadío en esta región, aumentando así la renta de los agricultores. De este modo resultó asequible la realización de inversiones costosas, por ejemplo para mejorar los equipos de riego y la infraestructura general. Las ayudas de la PAC a los programas de desarrollo rural aplicados en el marco de los Planes Nacionales de Regadío también impulsaron el desarrollo de la agricultura de regadío.

La expansión del regadío en la cuenca del río Júcar ha hecho posible que la agricultura siguiera siendo económicamente viable en áreas rurales que, de lo contrario, podían haber sido abandonadas, y ha contribuido a mantener la estabilidad socioeconómica de la región. Sin embargo, también ha tenido un evidente impacto negativo sobre los recursos de agua. El nivel del agua en el acuífero de La Mancha oriental, situado en parte bajo la región de Castilla-La Mancha, descendió notablemente entre 1985 y 2001 y sigue descendiendo en la actualidad (CHJ, 2005; CHJ, 2007). Además, el volumen de la descarga del acuífero al río Júcar ha disminuido notablemente desde principios de la década de 1970 (CHJ, 2004).

La acusada presión sobre los recursos de agua de Castilla-La Mancha hizo que en 1999 se crease un Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR), a través de un acuerdo de cooperación entre la Universidad de Castilla-La Mancha y el gobierno regional (Ortega *et al.*, 2005). El SIAR tiene como finalidades generales mejorar la capacidad y los conocimientos de los agricultores, reducir los costes de producción y conseguir un regadío más sostenible en la región. Se estima que el SIAR tiene un coste total por agricultor de unos 3 €/ha/año.

Durante la campaña de 2001-2003, el SIAR mantuvo una colaboración directa con unos 500 agricultores y más de 1.200 recibieron asesoramiento de forma indirecta a través de la administración de las áreas regables y las cooperativas de regantes (Ortega *et al.*, 2005). Buena parte del trabajo del SIAR se centra en prestar asesoramiento sobre el calendario de riego, teniendo en cuenta la necesidad de agua específica de cada tipo de cultivo. Para ello, resulta fundamental el cálculo del balance hídrico diario, partiendo de los datos facilitados por una red de estaciones meteorológicas automáticas. La evaluación de los sistemas de riego también es un componente crucial del programa SIAR; y en 2005 se habían realizado más de 875 evaluaciones in situ de las explotaciones agrarias, lo que sirvió para mejorar la eficiencia del riego (Ortega *et al.*, 2005). Aparte del asesoramiento directo in situ, el SIAR divulga cierta información a través de páginas web, con un asesoramiento diario sobre las necesidades hídricas netas de cada tipo de cultivo. Además, la información se distribuye a las asociaciones y cooperativas de agricultores por medio de faxes semanales y la participación en seminarios.

En todas las áreas piloto con recursos de agua escasos y costes del agua altos, gran parte de los agricultores se han adherido al programa de asesoramiento para regadíos (Ortega *et al.*, 2005). Por el contrario, en las áreas donde el agua no es tan escasa y los agricultores no pagan el agua por volumen usado, sino por la superficie de riego, el SIAR ha tenido un bajo nivel de inscripciones.

Además de los programas de asesoramiento, en la cuenca del Júcar se han implantado los Planes Nacionales de Regadío con el fin de ahorrar agua y modernizar la infraestructura de riego, por ejemplo, instalando en las explotaciones los sistemas de riego por aspersión y goteo. Además, se ha adoptado un plan específico de lucha contra la sequía en la cuenca del río Júcar (CHJ, 2006). Este plan comprende una gran variedad de acciones para reducir las extracciones, incluyendo la gestión pormenorizada de los recursos del agua, las mejoras en la red de contadores y el empleo de fuentes alternativas de suministro, como la desalinización. En suma, un conjunto de medidas que incluyen la ampliación del servicio de asesoramiento pueden ser el mejor enfoque para hacer frente al uso insostenible del agua en la agricultura de la cuenca del río Júcar.

7 Conclusiones sobre la futura gestión de los recursos de agua en Europa

Los crecientes problemas de escasez de agua y sequías indican claramente la necesidad de aplicar el criterio de un uso más sostenible en la gestión de los recursos de agua en Europa. Dicho criterio requiere un giro decisivo hacia una gestión basada en la demanda, lo que implica asignar un papel clave a las medidas de control y mejora de la eficiencia en el uso del agua. De acuerdo con dicho criterio, cualquier expansión de la oferta de agua, tradicionalmente basada en la ampliación de la infraestructura, sólo se llevaría a cabo cuando todas las demás opciones hayan sido agotadas.

También es necesario un sistema de extracción más equitativo, para satisfacer no sólo las necesidades de cada sector en competencia, sino también los requerimientos del ambiente acuático y la necesidad de mantener el buen estado de los ecosistemas acuáticos. Implementar con éxito este enfoque de gestión no sólo puede ayudar en la adaptación al cambio climático, sino que también puede contribuir a la disminución del uso del agua y el consumo de energía, ya que ambos suelen estar estrechamente relacionados.

La necesidad de un enfoque más integrado y sostenible en la gestión de los recursos del agua en Europa está ya reflejada en la política y la normativa relacionada con el agua. Por ejemplo, la Directiva marco del agua (DMA) promueve «el uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos de agua disponibles». Con este fin, una medida clave es la del «registro y control de la extracción desde las aguas superficiales y subterráneas». La Comisión Europea también ha reconocido el problema que supone la escasez de agua y la sequía en una Comunicación de 2007 (Comisión Europea, 2007a) en la que se describe la gravedad de la situación y se presenta un conjunto de opciones políticas que tienen en cuenta la escasez y la sequía en toda Europa. La gestión con éxito de los recursos de agua en toda Europa desde una perspectiva basada en la demanda puede requerir la implementación de una serie de políticas y prácticas diferenciadas, como las que se describen a continuación.

7.1 Precio del agua

La introducción del precio del agua en todos los sectores será crucial para conseguir un uso sostenible

del agua. La DMA así lo reconoce cuando requiere que el precio sea un incentivo adecuado para el uso eficiente de los recursos de agua y la recuperación del coste total de los servicios del agua. La recuperación del coste total no se refiere sólo al suministro del agua y el mantenimiento y construcción de nuevas infraestructuras, sino también a los costes ambientales y de los recursos. En este sentido, queda reflejado el principio de que «el usuario debe pagar el agua».

Un sistema de precios del agua eficaz necesita basarse, al menos parcialmente, en el volumen de agua usada, en vez de adoptar un enfoque de tarifa plana. Para esta finalidad, los dispositivos contadores de agua juegan un papel clave y deben ser implantados ampliamente en todos los sectores. El éxito del precio del agua requiere una buena comprensión de la relación entre el precio y el uso del agua en cada sector y necesita tener en cuenta las circunstancias locales. Sin embargo, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que abogan por el acceso universal al agua limpia y a los servicios de saneamiento, el precio no debe socavar el derecho a la higiene y la salud de las personas que no pueden pagar la factura del agua.

7.2 Planes de gestión de la sequía

Los planes de gestión de la sequía brindan una potente herramienta para aliviar el impacto de la sequía y poder reflejar un cambio de orientación positivo desde un enfoque basado en la «respuesta a la crisis» hasta un enfoque basado en la «gestión del riesgo». Los planes formulados hasta ahora en Europa incluyen la elaboración de mapas de estrés hídrico, la identificación con sistemas de predicción y alerta, y la adopción de medidas sectoriales específicas, por ejemplo la restricción temporal del riego en cultivos muy intensivos. La DMA reconoce la utilidad de los planes de gestión de la sequía a nivel de cuenca hidrográfica. La generalización de estos planes en toda Europa requiere impulsar el intercambio de información sobre las mejores prácticas de gestión del riesgo de sequía.

7.3 Eficiencia y conservación del agua

La aplicación de las tecnologías y prácticas de conservación del agua y las de uso más eficiente juega

un papel clave en la gestión del agua orientada a la demanda.

En relación con la agricultura, la mejora de la eficiencia puede llevarse a cabo mejorando los métodos empleados en el suministro de agua a los cultivos: por ejemplo, una red de tuberías a presión es más eficaz que una red de canales abiertos y alimentados por gravedad. Los sistemas de riego por aspersión y goteo también son más eficientes que el sistema de surcos en relación con el transporte del agua hasta las raíces de los cultivos. No obstante, existen pruebas de que, en determinados casos, la mejora de la eficiencia del riego ha servido para aumentar la superficie del área de regadío, resultando que el uso total de agua no sólo no ha disminuido, sino que incluso ha aumentado. Las autoridades competentes deben asegurar que esto no ocurra.

Un cambio hacia cultivos menos intensivos, incluyendo los más tolerantes al estrés hídrico, puede promover la disminución del uso del agua en la agricultura. También se puede conseguir su disminución mediante la mejora del calendario de riego, empleando sistemas de medida o estimación de la humedad del suelo con la finalidad de conocer la cantidad diaria de agua requerida por cada cultivo y poder aplicar una técnica de riego según el déficit de humedad. Decantarse por los cultivos con una demanda de agua máxima antes de los meses de verano también puede contribuir a reducir del estrés hídrico máximo durante el apogeo estival.

La demanda de cultivos energéticos puede aumentar el uso del agua en la agricultura. En áreas con escasez de agua, es necesaria la orientación y, si procede, la intervención de las autoridades para asegurar que la introducción de los nuevos cultivos energéticos no estimule el uso del agua. Por el contrario, dicha introducción debe ser una oportunidad para reducir el uso del agua en la agricultura mediante la producción de unos cultivos energéticos con baja demanda de agua y tolerantes a la sequía.

Los fondos nacionales y comunitarios, incluyendo los de la PAC, pueden jugar un importante papel en el futuro mediante la aplicación de medidas destinadas a la disminución del uso del agua en la agricultura. Sin embargo, el éxito será más fácil si se cuenta con servicios de asesoramiento, formación e información a disposición de los agricultores.

Varios sectores industriales europeos han adoptado con éxito medidas de ahorro de agua, aunque aún queda un potencial significativo en cuanto a la aplicación de estas prácticas. En este sentido, el reciclado de las aguas residuales industriales puede jugar un importante papel, no sólo para poder disminuir el uso del agua, sino también para disminuir el vertido de aguas residuales.

Con respecto al abastecimiento público de agua, los más modernos aparatos domésticos y las instalaciones de

uso habitual, incluyendo lavadoras, lavavajillas, retretes y duchas, son mucho más eficientes respecto al uso del agua que sus predecesores. No obstante, aún permanece el reto de aumentar la instalación y el uso de estas modernas tecnologías en toda Europa. En este sentido, tanto la regulación en términos de normalización como la concienciación del consumidor juegan su papel. Las fugas desde la red de abastecimiento público de agua siguen siendo significativas en muchos países de Europa, a pesar de contar en general con una moderna tecnología para su detección. Combatir las fugas puede requerir la imposición de sanciones cuando no se alcancen los índices de disminución preestablecidos.

7.4 Iniciativas de concienciación

Conseguir un uso más sostenible del abastecimiento público de agua depende en gran medida de la concienciación ciudadana respecto a la conservación y mejora del agua. Hay varios medios disponibles para informar a los consumidores particulares, empresas y sector turístico, como páginas web, programas de educación escolar, folletos de autoridades locales y medios de comunicación de masas. El etiquetado ecológico de los electrodomésticos y la certificación ecológica de los hoteles turísticos también pueden jugar un papel importante en la concienciación de los consumidores y ayudarles a tomar decisiones fundamentadas sobre la eficiencia y la conservación del agua.

El concepto de «agua virtual» define la cantidad de agua requerida para producir un determinado bien o servicio (Allan, 1996) y supone un flujo de agua virtual entre los países donde los productos son objeto de comercio internacional. Los esfuerzos orientados al mejor conocimiento de este concepto entre la ciudadanía pueden servir, en principio, para concienciar mejor a los consumidores sobre el uso del agua, subrayando las variaciones significativas en cuanto al agua utilizada en la producción de los diferentes productos agrícolas e industriales (Hoekstra y Chapagain, 2007). Sin embargo, hay que tener cuidado al utilizar el agua virtual como instrumento de información, ya que este enfoque carece de suficiente coherencia metodológica y no ofrece ninguna indicación sobre el agua utilizada para un producto concreto en relación con los límites de la extracción sostenible desde la fuente (Frontier Economics, 2008) ni sobre el agua que retorna a una masa de agua.

7.5 Lucha contra el uso ilegal del agua

Aunque la información cuantitativa y fiable sobre este problema es escasa, es evidente que la extracción ilegal de agua, sobre todo desde los acuíferos y con frecuencia para un uso agrícola, está muy extendida en algunas áreas de Europa. La lucha contra el uso ilegal de agua es esencial y representa un importante desafío político

y técnico. El control con contadores es necesario para la detección de los pozos ilegales y las autoridades deben efectuar un seguimiento de los casos detectados con multas o sanciones suficientemente severas para disuadir a los infractores de continuar con la extracción ilegal. También hace falta la vigilancia para garantizar que el cumplimiento sea continuado.

7.6 Fuentes alternativas

Las medidas orientadas a la demanda y basadas en la conservación y la mejora de la eficiencia constituyen el mejor medio para la gestión de los recursos de agua en Europa. Sin embargo, en algunas regiones donde se ha adoptado este enfoque, la demanda aún puede seguir siendo mayor que la disponibilidad y también puede ser necesaria la consideración de medidas orientadas a la oferta. En tal caso, estas medidas deben someterse a la evaluación rigurosa de su impacto ambiental. Las medidas orientadas a la oferta, que son potencialmente más sostenibles, en particular la reutilización de las aguas residuales depuradas, pueden ser preferibles a las del enfoque tradicional de embalses y trasvases.

Las aguas de lluvia captadas en los tejados y las superficies impermeables y las aguas grises de baños, duchas, lavabos y cocinas pueden destinarse a usos que no necesitan agua potable, como el riego de jardines. Ambas prácticas contribuyen a disminuir la demanda de agua de abastecimiento público y, por consiguiente, la necesidad de energía asociada con el suministro de agua limpia. Además, sus impactos perjudiciales para el medio ambiente son mínimos. El reciclado de agua también se aplica cada vez más en varios sectores industriales, donde se consiguen mejoras evidentes de la eficiencia en el uso del agua y disminuyen los costes del agua.

La reutilización de aguas residuales depuradas, aunque aún no es una práctica habitual, está aumentando en toda Europa, especialmente para el riego de cultivos y campos de golf. También comienza a utilizarse en plantas industriales. La opción de utilizar aguas residuales depuradas tiene un gran potencial.

7.7 Desalinización

La desalinización aumenta el total de los recursos disponibles de agua dulce y, en este sentido, puede ser preferible a continuar agotando los recursos de agua superficial y subterránea. Sin embargo, las desalinizadoras conllevan algunos impactos ambientales perjudiciales, en particular el de su consumo energético y la producción de una salmuera muy concentrada que es susceptible de vertido en aguas marinas sensibles. Además, el aumento del suministro desde las desalinizadoras no ofrece ningún incentivo para poder disminuir el uso o mejorar la eficiencia

del uso del agua. La decisión sobre la conveniencia de las futuras desalinizadoras debe tomarse teniendo en cuenta las circunstancias específicas de cada caso y atendiendo a todos los factores ambientales y económicos.

7.8 Requisitos de información

Para avanzar en la gestión sostenible de los recursos del agua en Europa, es necesario disponer de una información fiable y actualizada dentro de una escala espacial y temporal adecuada. Dicha información presenta muchas ventajas, incluyendo: un mejor conocimiento de las causas, la localización y el alcance del estrés hídrico; la ayuda en el establecimiento de las tendencias; una mayor facilidad en cuanto a la evaluación de las medidas adoptadas para resolver el problema del uso insostenible de agua; y la asistencia a los ciudadanos comunitarios en relación con la resolución de los problemas del agua.

La información no sólo se requiere a la escala de la cuenca hidrográfica, sino que también es crucial contar con datos mensuales y estacionales, ya que los promedios anuales no reflejan bien los picos de estrés hídrico que normalmente ocurren en los meses de verano. Por desgracia, los datos facilitados a Eurostat y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (que conjuntamente recopilan los datos que han permitido realizar algunos estudios paneuropeos hasta la fecha), no se sitúan en una escala espacio-temporal óptima. Además, los programas nacionales de evaluación y seguimiento presentan a menudo importantes lagunas informativas y raramente están armonizados en función del tipo de datos recogidos y los métodos empleados. Además, la información que describe el impacto socioeconómico de la escasez de agua y la sequía, junto con la del potencial de medidas de coste-eficacia, es actualmente muy limitada o inaccesible en Europa.

La iniciativa recientemente establecida acerca de la información conjunta de la AEMA, Eurostat y la Comisión Europea, trata de corregir las deficiencias de la información sobre el agua en Europa. Los Estados miembros deben presentar voluntariamente los datos periódicos sobre la disponibilidad y el uso multisectorial del agua. Esta información debe ser generada y armonizada a la escala de la cuenca hidrográfica y con periodicidad estacional. A pesar de los problemas que puede plantear a los órganos de información ambiental y estadística de los Estados miembros y su interacción con las autoridades sectoriales pertinentes, esta iniciativa es crucial para la evaluación paneuropea de los recursos del agua. Esta iniciativa de información puede complementarse con un proyecto del Centro Común de Investigación destinado a poner en marcha un observatorio y un sistema de alerta temprana de la sequía en Europa.

Por otra parte, la AEMA también ha comenzado a elaborar los balances de agua a la escala de la cuenca hidrográfica en Europa, aplicando el sistema económico-ambiental de cuentas del agua de Naciones Unidas (SEEAW, 2008). Este sistema puede utilizar datos medidos y datos estimados con modelos de simulación para poder presentar informes mensuales que reflejen la situación de estrés hídrico a lo largo del año y la probabilidad de que ocurra. Este enfoque también sirve para evaluar el impacto de la gestión del agua en distintos escenarios. Además, la metodología de las cuentas del agua también puede servir para distinguir entre la disminución de la disponibilidad

del agua causada por escasez y la causada por las sequías.

Por último, la información que describe los recursos de agua, obtenida desde informes elaborados por iniciativa voluntaria o desde los datos facilitados en cumplimiento de la normativa legal, puede ser actualmente cotejada y difundida a través del Sistema de Información sobre el Agua en Europa (*Water Information System for Europe, WISE*), una herramienta de reciente creación cuya finalidad es servir como portal de acceso a la información sobre el agua en Europa.

Referencias

- AEMA, 1999. *Lakes and reservoirs in the EEA area*. Informe temático nº 1/1999. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2003. *El agua de Europa: Una evaluación basada en indicadores*. Informe temático nº 1/2003. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2004. *Agriculture and the environment in the EU accession countries — Implications of applying the EU common agricultural policy*. Environmental issue report nº 37. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2006a. *¿Cuánta bioenergía puede producir Europa sin dañar el medio ambiente?* Informe de la AEMA nº 7/2006. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2006b. *Integration of environment into EU agriculture policy — the IRENA indicator-based assessment report*. Informe de la AEMA nº 2/2006. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2007. *El medio ambiente en Europa: Cuarta evaluación*. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2008. *Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment*. EEA Report No 4/2008. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2009. *EEA Signals 2009, key environmental issues facing Europe*. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- Alcamo, J.; Flörke, M. y Märker, M., 2007. 'Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic change'. *Hydrological Sciences Journal* 52: 247–275.
- Allan, J. A., 1996. 'Water use and development in arid regions: Environment, economic development and water resource politics and policy'. *Review of European Community and International Environmental Law* 5(2): 107–115
- Amigues, J. P.; Debaeke, P.; Itier, B.; Lemaire, G.; Seguin, B.; Tardieu, F. y Thomas, A. (eds), 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Expertise scientifique collective, Rapport, Institut national de la recherche agronomique (INRA), Francia.
- Álvarez, N.; y Matamala, D., 2004. 'El regadío en Castilla-La Mancha: presente y futuro, Agricultura'. *Revista Agropecuaria* 863: 492–497
- Andréasson, J.; Bergström, S.; Carlsson, B.; Graham, L. P. y Lindström, G., 2004. 'Hydrological change — climate change impact simulation for Sweden'. *Ambio* 33: 228–234.
- Arnell, N. W., 2004. 'Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios'. *Global Environmental Change*, 14: 31–52.
- Austropapier, 2007. *Umwelt Statistik*. Disponible en: http://www.austropapier.at/uploads/media/Umwelt_01.pdf [Acceso del 6 febrero 2009].
- Autoridad Turística de Malta, 2008. Eco-certification. Disponible en: http://www.visitmalta.com/eco_certification [Acceso del 9 febrero 2009].
- Banco Mundial, 2007. *World Bank Supports Irrigation Rehabilitation And Reform In Romania*. Nota de prensa nº 2004/38/ECA. Disponible en: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/PROJECTS/0,,contentMDK:20121976~menuPK:64282137~pagePK:41367~piPK:279616~theSitePK:40941,00.html> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Barnett, T. P.; Adam, J. C.; y Lettenmaier, D. P., 2005. 'Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions'. *Nature* 438: 303–309.
- Battilani, A., 2007. *Application of the regulated deficit of irrigation to grapevines (Vitis vinifera) in a sub-humid area*. *Acta Hort. (ISHS)* 537:887–894. Disponible en: http://www.actahort.org/books/537/537_107.htm [Acceso del 6 febrero 2009].
- Beaufoy, G., 2000. *The environmental impact of olive oil production in the European Union: Practical options for improving the environmental impact*. Dirección General Medio Ambiente, Comisión Europea, Bruselas.

- Beverage Marketing Corporation, 2008. Disponible en: http://www.bottledwater.org/public/Stats_2007.doc [Acceso del 13 febrero 2009].
- Bithas, K.; y Stoforos, C., 2006. 'Estimating urban residential water demand determinants and forecasting water demand for Athens metropolitan area, 2000–2010'. *South-Eastern Europe Journal of Economics* 1 (2006), 47–59.
- Blue Plan, 2005. *A Sustainable Future for the Mediterranean: The Blue Plan's Environment and Development Outlook*. (Eds) Benoit, G.; y Comeau, A. Earthscan, Londres.
- BUWAL, 2004. *Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369. Bern-Ittigen: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 174 S. Disponible en: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00533/index.html?lang=de> [Acceso del 6 febrero 2009].
- CCI, 2006. *An atlas of pan-European data for investigating the fate of agrochemicals in terrestrial ecosystems*. Informe EUR 22334 EN del Centro Común de Investigación.
- CCI/AEMA, 2006. *Proceedings of the Expert Consultation on Sustainable Bioenergy Cropping Systems for the Mediterranean*, Madrid, 9-10 febrero 2006. Disponible en: http://re.jrc.ec.europa.eu/biof/pdf/documents/madrid_bioenergy_cropping.pdf [Acceso del 9 febrero 2009].
- CE, 2000. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social: Política de tarificación y uso sostenible de los recursos hídricos. COM(2000)477 final.
- CE, 2007a. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre como Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea. COM(2007)414 final.
- CE, 2007b. Water scarcity and droughts. Second interim report — Junio 2007. http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/comm_droughts/2nd_int_report.pdf.
- CE, 2007c. Water scarcity and LIFE — developing good practice in reducing water usage. <http://ec.europa.eu/environment/life/themes/water/features2007/scarcity.htm> [Acceso del 9 febrero 2009].
- CEFIC, 2007. *Responsible Care Building Trust. European Chemical Industry Council Annual Report Europe 2006/2007*. Reed Business Information, Sutton.
- CHJ, 2004. *Júcar Pilot River Basin, Provisional Article 5 Report Pursuant to the Water Framework Directive*. Septiembre 2004. Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia.
- CHJ, 2005. *Informe para la Comisión Europea sobre los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua*. Abril, 2005. Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia.
- CHJ, 2006. *La experiencia en la gestión de las sequías: la cuenca del Júcar*. Confederación Hidrográfica del Júcar presentación en el Cuarto Forum Mundial del Agua, marzo 2006.
- CHJ, 2007. *Evolución del regadío en la Unidad Hidrogeológica 08.29: Mancha Oriental*. Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia.
- Christensen, N. B.; Jones, T. L. y Kauta, G. J., 1994. 'Infiltration Characteristics under No-Till and Clean-Till Furrow Irrigation'. *Soil Science Society of America Journal* 58:1495–1500.
- CROSTAT, 2008. Anuario Estadístico de Croacia 2008. Disponible en: http://www.dzs.hr/default_e.htm [Acceso del 12 febrero 2009].
- Custodio, E., 2002. 'Aquifer overexploitation: what does it mean?' *Hydrogeology Journal*, 10: 254–277.
- Cyprus Mail, 11.10.2008. The brutal logic: water consumption goes down as price rises.
- Dankers, R.; y Feyen, L., 2008. Climate change impact on flood hazard in Europe: An assessment based on high-resolution climate simulations. *J. Geophys. Res.*, 113.
- Danmarks Statistik, 2008a. *Family possession of durable consumer goods*. Disponible en: <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1024> [Acceso del 9 febrero 2009].
- Danmarks Statistik, 2008b. *Consumption of drinking water by region and use*. Disponible en: <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1024> [Acceso del 12 febrero 2009].
- Daskalaki, P.; y Voudouris, K., 2007. 'Groundwater quality of porous aquifers in Greece: a synoptic review'. *Environmental Geology*, 54(3).
- DEFRA, 2006. *A study to identify baseline data on water use in agriculture*. UK Department for Environment, Food and Rural Affairs. Disponible en: http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=WU0102_4274_FRP.doc [Acceso del 6 febrero 2009].
- DEPA, 2004. *Nature and Environment 2003. Theme: Water in Denmark*. Informe sobre indicadores de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Dinamarca.
- Dixon, A.; Butler, D.; Fewkes, A. y Robinson, M., 2000. 'Measurement and modelling of quality changes in stored untreated grey water'. *Urban Water*, 1(4): 293–306.

- Dogdu, M. S.; y Sagnak, C., 2008. *Climate change, drought and over pumping impacts on groundwaters: Two examples from Turkey*. Ponencia en la Tercera Conferencia Internacional BALWOIS sobre el Sistema de Observación e Información del Agua de los Balcanes, Ohrid, Antigua República Yugoslava de Macedonia, mayo 2008.
- Doll, P.; y Siebert, S., 2002. 'Global modeling of irrigation water requirements'. *Water Resources Research*, 38(4).
- Downing, T. E.; Butterfield, R. E.; Edmonds, B.; Knox, J. W.; Moss, S.; Piper, B. S.; Weatherhead, E. K. y el equipo del proyecto Climate Change Demand for Water, 2003. *Climate Change and the Demand for Water*, Informe de Investigación, Oficina de Oxford del Stockholm Environment Institute, Oxford.
- Dworak, T.; Berglund, M.; Laaser, C.; Strosser, P.; Roussard, J.; Grandmougin, B.; Kossida, M.; Kyriazopoulou, I.; Berbel, J.; Kolberg, S.; Rodríguez-Díaz, J. A.; y Montesinos, P., 2007. *EU Water Saving Potential*. Informe ENV.D.2/ ETU/2007/0001r de la Comisión Europea.
- Dworak, T.; Herbke, N.; Müssner, R.; y Goerlach, B., 2006. *WFD and Agricultural Linkages at the EU Level. Final Synthesis Report of the 2005–6 Activity of the Strategic Steering Group on the Water Framework Directive and Agriculture*. Diciembre 2006. Disponible en: <http://www.ecologic-events.de/cap-wfd/conference2/en/documents/synthesis.pdf> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Electric Power Research Institute, 2002. *Water & Sustainability (Volume 3): US Water Consumption for Power Production — the Next Half Century*, Topical Report, marzo 2002. Disponible en: <http://www.epriweb.com/public/000000000001006786.pdf> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Environment Agency, 2004. *The state of England's chalk streams*. Environment Agency, Bristol.
- Environment Agency, 2007a. *Celebrating your success. The Environment Agency water efficiency awards 2007*. Environment Agency, Bristol.
- Environment Agency, 2007b. *Conserving water in buildings. A practical guide*. Environment Agency, Bristol.
- Environment Agency, 2008a. *Water resources in England and Wales — current state and future pressures*. Environment Agency, Bristol.
- Environment Agency, 2008b. *Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide*. Environment Agency, Bristol.
- Environment Agency, 2008c. *Managing water abstraction: Interim update*. Environment Agency, Bristol.
- EPI, 2007. *Bottled Water Boycotts — Back to the tap movement gains momentum*. Earth Policy Institute, 7 Diciembre 2007. Disponible en: <http://www.earthpolicy.org/Updates/2007/Update68.htm> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Centro de Información Ambiental de Estonia, 2006. *Environmental review 2005*.
- Eurostat, 2008a. *Population in Europe 2007: first results. Statistics in Focus 81/2008*. Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-08-081/EN/KS-SF-08-081-EN.PDF [Acceso del 6 febrero 2009].
- Eurostat, 2008b. *Ageing characterises the demographic perspectives of the European societies*. Statistics in Focus 72/2008. Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-08-072/EN/KS-SF-08-072-EN.PDF [Acceso del 6 febrero 2009].
- Eurostat, 2008c. *Europe in figures — Eurostat statistical yearbook 2008*. Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1073,46587259&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_product_code=KS-CD-07-001 [Acceso del 6 febrero 2009].
- Feenstra, J. F.; Burton, I.; Smith, J. B.; y Tol, R. S. J., 1998. *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Institute for Environmental Studies. Disponible en: <http://dare.uvu.nl/bitstream/1871/10440/1/f1.pdf> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Ferreira, T. C.; y Goncalves, D.A., 2007. 'Crop yield/ water-use production functions of potatoes (*Solanum tuberosum*, L.) grown under differential nitrogen and irrigation treatments in a hot, dry climate'. *Agricultural Water Management*, 90:45–55.
- Flörke, M.; y Alcamo, J., 2004. *European Outlook on Water Use*. Centro para la Investigación de Sistemas Mambientales — Universidad de Kassel, Informe Final, EEA/RNC/03/007.
- Fornes, J.; Rodríguez, J. A.; Hernández, N.; y Llamas, M. R., 2000. 'Possible solutions to avoid conflicts between water resources development and wetland conservation in the 'La Mancha Humeda' biosphere reserve (Spain)'. *Phys. Chem. Earth*, 25(7–8):623–627.
- Frontier Economics, 2008. *The concept of 'virtual water' — a critical review*. Preparado para el Departamento de Industrias primarias de Victoria. Frontier Economics, Melbourne.
- García, M., 2002. *Análisis de la influencia de los costes en el consumo de agua en la agricultura valenciana. Caracterización de las entidades asociativas para riego*. Tesis doctoral, Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

- Genovese, G. (ed.), 2004. *Methodology of the MARS Crop Yield Forecasting System*. Vol. 1 al Vol. 4, Informe EUR 21291 EN.
- Gómez-Limón, J. A.; Berbel, J.; y Gutiérrez, C., 2007. 'La Multifuncionalidad del regadío: Una Aproximación empírica'. En Gómez-Limón, J. A.; y Barreiro Hurlé, J. (eds), *La multifuncionalidad de la agricultura en España*. Eumedia/Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 2007.
- Gobierno de Chipre, 2008. *Water Development Department — Statistical Information*. Disponible en: http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/statistics_en/statistics_en?OpenDocument [Acceso del 16 febrero 2009].
- Greater London Authority, 2007. *Water Matters. The Mayor's Draft Water Strategy*. <http://www.london.gov.uk/mayor/environment/water/docs/la-draft-water-strategy.pdf> [Acceso del 9 febrero 2009].
- Grupo de Trabajo EUWI sobre la reutilización de aguas residuales del Mediterráneo, 2007. *Mediterranean Wastewater Reuse Report*. Disponible en: <http://www.emwis.net/topics/WaterReuse> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Hamele, H., 2002. *Eco-labels for Tourism in Europe: Moving the Market towards more Sustainable Practices*. En Honey, M. (ed.), 2002. *Ecotourism & Certification: setting standards in practice*, Island Press, 2002. Disponible en: <http://gtz.de/de/dokumente/en-tourism-materials2004-labels.pdf> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Hernández, N.; y Llamas, M. R. (eds), 2001. *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Fundación Marcelino Botín y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Hoekstra, A. Y.; 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.
- IEEP, 2000. *The environmental impacts of irrigation in the European Union. A report to the Environment Directorate of the European Commission*. Institute for European Environmental Policy, Londres en asociación con la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad de Atenas. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/irrigation.pdf> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Isomäki, E.; Britschgi, R.; Gustafsson, J.; Kuusisto, E.; Munsterhjelm, K.; Santala, E.; Suokko, T.; y Valve, M., 2007. *Yhdyskuntien vedenhankinnan tulevaisuuden vaihtoehto* (Las alternativas del suministro público centralizado de agua en Finlandia). Suomen ympäristö 27/2007. Suomen ympäristökeskus (SYKE). Helsinki 2007. (En finés). <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74888&lan=fi>.
- Jasper, K.; Calanca, P.; Gyalistras, D.; y Fuhrer, J., 2004. Differential impacts of climate change on the hydrology of two alpine rivers. *Climate Research* 26: 113-125.
- Keirle, R.; y Hayes, C., 2007. *A Review of Climate Change and its Potential Impacts on Water Resources in the UK*. Official Publication of the European Water Association, Hennef, Alemania.
- Koutsoyiannis, D.; Efstratiadis, A.; Karavokiros, G.; Koukouvinos, A.; Mamassis, N.; Nalbantis, I.; Rozos, E.; Christofidis, A.; Xanthakis, A.; Damianoglou, N.; Karopoulos, C; Nalpantidou, S.; Nasikas, A.; Nikolopoulos D.; y Ripis, K, 2001. *Modernisation of the supervision and management of the water resource system of Athens*. Departamento de Recursos del Agua, Hidráulica e Ingeniería Marítima — Universidad Técnica Nacional de Atenas, Atenas.
- Lehner, B.; Czisch, G.; y Vassolo, S, 2005. 'The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis'. *Energy Policy* 33: 839-855.
- Llamas, M. R.; y Garrido, A., 2007. 'Lessons from Intensive Groundwater Use In Spain: Economic and Social Benefits and Conflicts'. En Giordano, M. y Villholth, K.G. (eds), *The Agricultural Groundwater Revolution: 266 Opportunities and Threats to Development*. CABI, Wallingford, Reino Unido, 2007.
- Maestu, J., 1999. 'The political economy of the implementation of changes in pricing practices in Spain: What can we learn?' En Comisión Europea (ed.), *Pricing Water. Economics, Environment and Society*. Actas de la Conferencia, Sintra. Comisión Europea, Bruselas, 1999.
- Manley, R.; Spirovska, M.; y Andovska, S., 2008. *Water balance model of Lake Dojran*. Ponencia en la Tercera Conferencia Internacional BALWOIS sobre el Sistema de Observación e Información del Agua de los Balcanes, Ohrid, Antigua República Yugoslava de Macedonia, mayo 2008.
- MAPA, 2008. *Anuarios de estadística agroalimentaria y pesquera*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid. Disponible en: http://www.mapa.es/estadistica/pags/anuario/2007/metodologia/Anuario_2007.pdf [Acceso del 6 febrero 2009].
- Milly, P.C.D.; Dunne, K.A. y Vecchia, A.V., 2005. 'Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate'. *Nature* 438: 347–350.
- Molle, F.; y Berkoff, J., 2007. 'Water pricing in irrigation: mapping the debate in the light of experience'. En Molle, F.; y Berkoff (eds), *Irrigation Water Pricing: The gap between theory and practice*, CABI, Wallingford, Reino Unido, 2007.

- Muñoz-Reinoso, J. C., 2001. 'Vegetation changes and groundwater abstraction in SW Doñana, Spain'. *Journal of Hydrology*, 242(3-4):197-209.
- OCDE, 2000. *Environmental Performance Reviews — Greece*. OECD Publishing, París.
- OCDE, 2006. *Environmental Indicators for Agriculture. Methods and Results Volume 3*. OECD Publishing, París.
- OCDE, 2008. *Sustainable management of water in agriculture: draft report*. OECD Publishing, París.
- Ortega, J. F.; de Juan, J. A.; y Tarjuelo, J. M., 2005. 'Improving water management: The irrigation advisory service of Castilla-La Mancha (Spain)'. *Agricultural Water Management* 77: 37-58.
- Pacific, 2009. *Peak Water, China's Water Crisis, Climate Change Impacts among Pressing Topics Examined by Pacific Institute*. Nota de prensa del Pacific Institute, 13 enero 2009. Disponible en: http://www.pacinst.org/press_center/press_releases/worlds_water_0809.html [Acceso del 17 febrero 2009].
- PAM, 2007. Plan de Acción para el Mediterráneo. *Water demand management, progress and policies. Proceedings of the 3rd Regional Workshop on Water and Sustainable Development in the Mediterranean*. Zaragoza, España, 19-21 marzo 2007. Serie de Informes Técnicos del PAM nº 168.
- Pereira, L. S.; Cordery, I.; y Iacovides, I., 2002. 'Coping with water scarcity'. *Technical Documents in Hydrology*, 58. UNESCO, París.
- PNUMA, 2005. *Dossier on Tourism and Sustainable Development in the Mediterranean*. Serie de Informes Técnicos del PAM nº 159, PNUMA/PAM, Atenas, 2005.
- Poulovassilis, A.; y Giannouloupolous, P., 1999. 'Groundwater modelling in the plain of Argos'. En Van der Leeuw, S. E.; y Garenne-Marot, L. (eds), *Policy relevant models of the natural and anthropogenic dynamics of degradation and desertification and their spatio-temporal manifestations*. CE. Informe final del proyecto ENV4-CT95-0159, 1999.
- Raskin, P.; Gleick, P. H.; Kirshen, P.; Pontius, R. G. Jr; y Strzepek, K., 1997. *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. Stockholm Environmental Institute, Suecia. Documento preparado para la 5ª Sesión de la Comisión de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, 1997.
- Rieu, 2006. 'Water Pricing for Agriculture between Cost Recovery and Water Conservation: Where do we stand in France?' En *Water and Agriculture: Sustainability, Markets and Policy*. OCDE Publishing, París.
- Rodríguez-Díaz, J. A., 2004. *Estudio de la gestión del agua de riego y aplicación de las técnicas de benchmarking a las zonas regables de Andalucía*. Tesis doctoral, Universidad de Córdoba, España.
- Sari, M.; Kadioglu, M.; Arabaci, M.; y Ertan, A., 2003. 'Ecological sharing of water for healthy management of fisheries and irrigation under drought conditions in Bend-I Mahi River, Van, Turkey'. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 4(1):166-178.
- SEEAW, 2008. *System of Environmental-Economic Accounting for Water. Final Draft*. Sección estadística de Naciones Unidas. Disponible en: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/SEEAWDraftManual.pdf> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Service, R.F., 2006. 'Desalination freshens up'. *Science* 313: 1088-1090.
- Siebert, S.; Döll, P.; Feick, S.; Hoogeveen, J.; y Frenken, K., 2007. *Global Map of Irrigation Areas version 4.0.1*. Universidad Johann Wolfgang Goethe, Frankfurt am Main, Alemania y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index.stm> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Sillmann, J.; y Roeckner, E., 2008. Indices for extreme events in projections of anthropogenic climate change. *Climatic Change* 86 (1-2): 83-104.
- Stamminger, R.; Barth, A.; y Dörr, S., 2005. *Old Washing Machines Wash Less Efficiently and Consume More Resources*. HuW 3/2005. Disponible en: http://www.landtechnik.uni-bonn.de/ifl_research/ht_7/huw3_2005124_131_oldwm.pdf [Acceso del 6 febrero 2009].
- Stevens, A. P., 1999. 'Impacts of groundwater abstraction on the trout fishery of the River Piddle, Dorset; and an approach to their alleviation'. *Hydrological Processes* 13(3): 487-496.
- Thames Water, 2009. Información sobre la planta de desalinización de Beckton disponible en: <http://www.thameswater.co.uk/cps/rde/xchg/SID-14ABEC69FDC8F58D/corp/hs.xml/2802.htm> [Acceso del 6 febrero 2009].
- Voudouris, K.; Panagopoulos, A.; y Koumantakis, J., 2000. 'Multivariate statistical analysis in the assessment of hydrochemistry of the northern Korinthia prefecture alluvial aquifer system, Peloponnese, Greece'. *Natural Resources Research* 9(2), 135-143.
- Voudouris, K. S., 2006. 'Groundwater balance and safe yield of the coastal aquifer system in north-eastern Korinthia, Greece'. *Applied Geography*, 26: 291-311.

Wriedt, G.; Van der Velde, M.; Aloe, A.; Bouraoui, F. (2008): Water requirements for irrigation in the European Union. Informe científico y técnico 46748; EUR 23453 EN del CCI. ISBN 978-92-79-09149-0.

WWF/Adena, 2001. Alcobendas, city of water for the 21st Century. <http://assets.panda.org/downloads/Alcobendas.pdf>.

WWF, 2005. Agricultural surpluses 'drink' the water of 16 million Spanish people: An analysis of irrigation overproduction in Spain. http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf-alt/landwirtschaft/Agricultural_surpluses_and_water_consumption_in_Spain.pdf.

WWF, 2006a. *Drought in the Mediterranean: WWF Policy Proposals*. WWF, Madrid.

WWF, 2006b. *Illegal water use in Spain: Causes, effects and solutions*. WWF, Madrid.

WWF, 2007a. *Pipedreams? Interbasin water transfers and water shortages*. WWF Global Freshwater Programme, Zeist, Países Bajos.

WWF, 2007b. *Making water — Desalination: option or distraction for a thirsty world?*. WWF International, Gland, Suiza.

Xenos, D. I.; Passios, S.; Georgiades, E.; Parlis, E.; y Koutsoyiannis D., 2002. 'Water demand management and the Athens water supply'. Actas de la 7ª BNAWQ Conferencia Científica y Práctica 'Water Quality Technologies and Management in Bulgaria', Sofia, 44–50, Asociación Nacional sobre la Calidad del Agua de Bulgaria, 2002. Disponible en: <http://www.itia.ntua.gr/en/ocinfo/501> [Acceso del 6 febrero 2009]



ISBN 978-84-491-1054-2



9 788449 110542



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO