

## Resumen

La escasez y la degradación de los recursos hídricos es un problema importante en España, en especial en las cuencas del Sureste peninsular. La implementación de la Directiva Marco del Agua no es tarea fácil, y algunas de las políticas de agua que se están aplicando parecen cuestionables. La mejora de la información y el conocimiento sobre las aguas superficiales y subterráneas, y sobre sus ecosistemas asociados, es esencial para poder diseñar medidas de política de agua razonables. También es indispensable que estas políticas consigan la cooperación de los agentes implicados, para que la gestión de los recursos hídricos sea sostenible.

*Palabras clave:* gestión del agua, Programa AGUA, Plan de Alto Guadiana, acción colectiva.

## Abstract

The scarcity and degradation of water resources is an important problem in Spain, particularly in the southeastern basins of the Iberian peninsula. The implementation of the Water Framework Directive is no an easy task, and some water policies being implemented seem misguided. The improvement of information and knowledge on surface and subsurface water resources, and on their associated ecosystems, are essential in order to design reasonable water policy measures. These policies require also the cooperation of stakeholders to attain a sustainable management of water resources.

*Key words:* water management, AGUA project, Upper Guadiana Plan, collective action.

*JEL classification:* C60, D61, Q25.

# EL DESAFÍO DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

José ALBIAC

*CITA-DGA*

Yolanda MARTÍNEZ

*Universidad de Zaragoza*

Angels XABADÍA

*Universidad de Gerona*

## I. ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DEL AGUA: LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

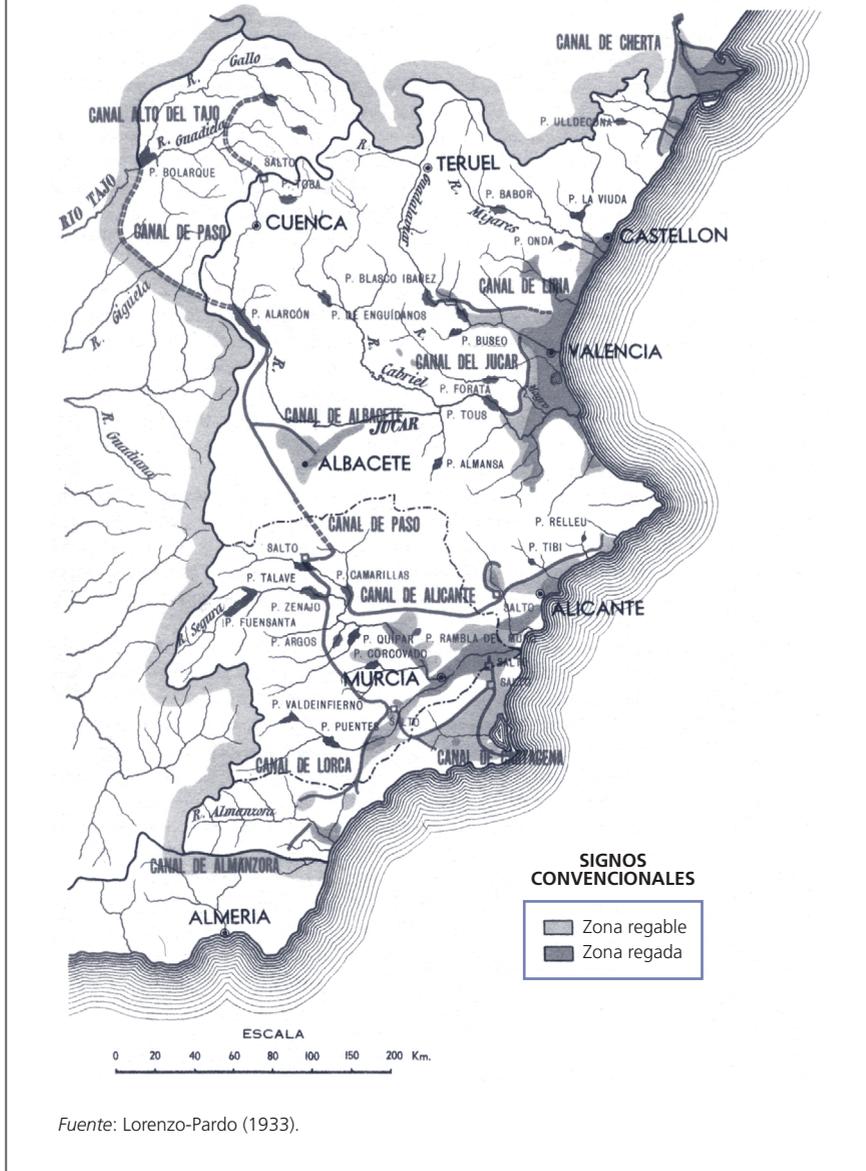
La gestión del agua siempre ha sido una cuestión importante en España (1). Durante el último siglo se sucedieron los esfuerzos de planificación hidrológica del Plan Gasset de 1902, del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de la República de 1933, del Segundo Plan de Desarrollo Económico y Social de 1968, del Plan Hidrológico Nacional de 1993, del Plan Hidrológico Nacional de 2001, y del programa AGUA de 2005. Una característica común a todos estos esfuerzos de planificación es la política de aumento de la oferta de agua, que ha sido el enfoque tradicional de la planificación hidrológica en España y en otros países desarrollados con zonas semiáridas.

El enfoque del aumento de la oferta tenía sentido en la España agraria de finales del siglo XIX, cuando se consideraba esencial la intervención pública en los proyectos de regadío por su importancia para promover el desarrollo económico del país y mejorar las condiciones sociales de los agricultores. Costa (1911, 1912) elaboró esta filosofía, y participó activamente en la movilización social para lograr los proyectos de regadío del Canal de Aragón y Cataluña, y de Riegos del Alto Aragón.

El Plan de Obras Hidráulicas de 1933, junto con la Ley de Reforma Agraria de 1932, fueron importantes iniciativas de la Segunda República para modernizar el sector agrario. Para elaborar el Plan de 1933, el ministro Indalecio Prieto creó el Centro de Estudios Hidrográficos, bajo la dirección de Lorenzo-Pardo. El objetivo del Plan de Obras Hidráulicas era aumentar la riqueza del país y de los agricultores, expandiendo la producción y las exportaciones agrarias mediante la transformación en regadío de 1,75 millones de ha. La influencia del Plan de 1932 fue muy importante, puesto que de las 215 presas, canales y polígonos de riego de alta prioridad que incluía, 142 se han completado a finales del siglo XX (Arenillas, 1993).

El principal proyecto del Plan de Obras Hidráulicas era el trasvase Tajo-Segura (mapa 1), duramente criticado por Félix de los Ríos, director de la Confederación Hidrográfica del Ebro en 1933, que propuso el trasvase del Ebro como alternativa al Tajo-Segura. En retrospectiva, De los Ríos tenía razón en su crítica al trasvase Tajo-Segura, porque los 760 hm<sup>3</sup> de agua disponible en el alto Tajo para el trasvase estaban fuertemente sobrestimados en el Plan de 1933. La demostración de esta sobrestimación pudo comprobarse cuando el trasvase Tajo-Segura fue construido finalmente en los años setenta con una capaci-

MAPA 1  
EL PROYECTO DE TRASVASE TAJO-SEGURA EN EL PLAN DE 1933



dad de 1.000 hm<sup>3</sup>, ya que desde 1978, en que el trasvase entró en funcionamiento, el volumen medio de agua transferida ha sido de 330 hm<sup>3</sup>.

La propuesta de De los Ríos fue el origen del trasvase del Ebro (mapa 2), y esta propuesta se retomó en el Segundo Plan de Desarrollo Económico y Social de

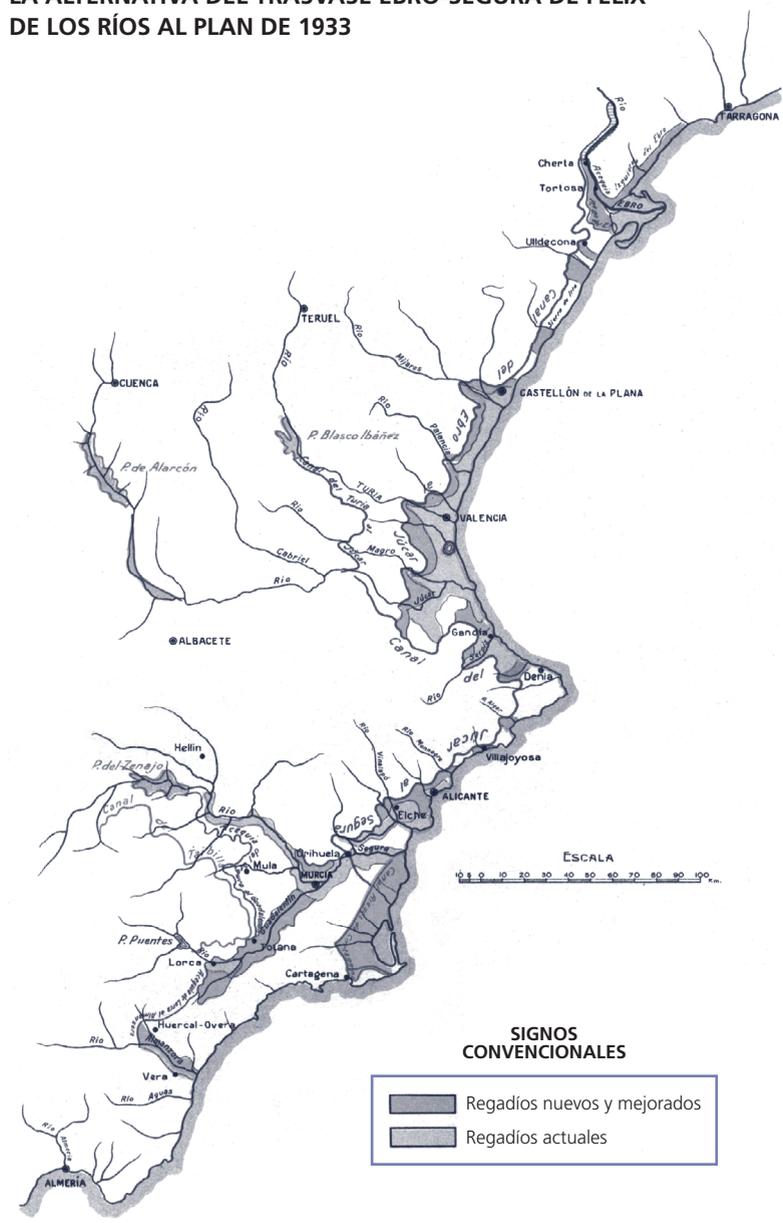
1968. El Plan de Desarrollo contemplaba dos grandes proyectos de trasvase, el Tajo-Segura y el Ebro-Júcar-Segura, pero solamente se llevó a cabo el proyecto Tajo-Segura. La estimación errónea del agua disponible en el trasvase Tajo-Segura, junto a la enorme expansión del regadío en el Sureste español, basado en la sobreexplotación de acuíferos a gran es-

cala, condujo a las propuestas de trasvase del Ebro de la última década en ambos planes hidrológicos nacionales de 1993 y 2001.

El Plan Hidrológico Nacional de 1993 pretendía conectar todas las cuencas de la península ibérica. La cantidad de agua a trasvasar era de 4.000 hm<sup>3</sup>, con exportaciones desde las cuencas cedentes del Norte, Duero, Tajo, Ebro, e importaciones desde las cuencas receptoras del Ebro, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, internas de Cataluña, Júcar, Segura y Sur (2). El tamaño de las inversiones para interconectar todas las cuencas y el enorme volumen de transferencias crearon polémica y desconfianza entre las organizaciones sociales y políticas, y también entre los distintos territorios (3).

Surgieron además importantes obstáculos jurídicos, dado que el Plan era una ley instrumental que introducía numerosas modificaciones a la Ley de Aguas de 1985, que era la ley básica a seguir. El Consejo Nacional del Agua solicitó que se revisaran los planes de expansión del regadío (600.000 ha.) y de aumento de las demandas de agua por sector. Finalmente, el Parlamento decidió en 1994 que el Plan debía incluir estimaciones y condiciones de los trasvases intercuenas, presentar alternativas a los trasvases propuestos y realizar estimaciones presupuestarias de los trasvases. El Plan debía vincularse a un nuevo Plan Nacional de Regadíos, y a la implementación de medidas de tratamiento de agua, ahorro y reutilización. Dos impedimentos adicionales fueron que el Senado introdujo el requisito de que todos los planes de cuenca tenían que estar aprobados antes que el Plan Hidrológico Nacional, y que todos los representantes de los usuarios en el Consejo Nacional del Agua rechazaron el Plan. Estos factores

MAPA 2  
**LA ALTERNATIVA DEL TRASVASE EBRO-SEGURA DE FÉLIX DE LOS RÍOS AL PLAN DE 1933**



Fuente: Ministerio de Obras Públicas (1940).

sociales y políticos llevaron al colapso del Plan Hidrológico de 1933, que no llegó a enviarse al parlamento (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

La degradación de los recursos hídricos en las zonas costeras

de las cuencas del Segura y Sur se agravó en los años noventa. Los problemas de escasez y sobreexplotación de acuíferos siguieron empeorando debido a la expansión continuada de producciones de alta rentabilidad de hortalizas y frutales, incluido un

incremento sustancial de la superficie de invernaderos (4). La mayor parte de esta expansión de demanda de agua tenía su origen en la captación individual de acuíferos por parte de los agricultores, sin prácticamente ningún control por parte de la autoridad hidráulica, como señalan Llamas (2005) y Fornés *et al.* (2006). La solución del Gobierno fue el Plan Hidrológico Nacional de 2001, basado en un único trasvase desde la cuenca del Ebro a las cuencas del Júcar, Segura y Sur que no incluía ningún esfuerzo de control de las aguas subterráneas.

El Plan Hidrológico Nacional de 2001 también encontró una fuerte oposición por parte de organizaciones políticas, sociales y medioambientales, y de muchos expertos. La principal crítica era que el enfoque tradicional de oferta de la planificación hidrológica estaba agotado, y eran necesarias nuevas iniciativas de gestión. Estas iniciativas debían consistir en revisar las concesiones, limitar las extracciones superficiales y subterráneas, aumentar los precios, desarrollar mercados de agua regulados y nuevas técnicas de oferta (desalación), proteger la calidad de las aguas, así como la reutilización y la regeneración. Con el cambio de Gobierno de 2004, el Plan Hidrológico Nacional ha sido modificado por el Parlamento en 2005, sustituyendo el trasvase del Ebro por el programa AGUA. La política actual del Gobierno para solucionar la grave degradación de los recursos hídricos en las cuencas del Sureste es el programa AGUA, cuya principal medida es aumentar la oferta de agua utilizando la desalación. Ambos proyectos, el trasvase del Ebro y el programa AGUA, están basados en el enfoque tradicional de la planificación hidrológica española de aumento de oferta.

En este trabajo se examinan los problemas medioambientales que se derivan del uso del agua en las actividades económicas, sus efectos sobre la cantidad y la calidad de los recursos hídricos, y los principales desafíos para alcanzar una gestión sostenible. El análisis que se presenta a continuación pretende poner en evidencia las deficiencias del enfoque tradicional de aumento de oferta, actualmente vigente con el programa AGUA. El trabajo presenta una revisión de las políticas de agua en España, examinando las zonas con mayores problemas de escasez y degradación de la calidad del agua. En la evaluación de las distintas alternativas de política de demanda y oferta, conviene considerar soluciones que combinen medidas de gestión de demanda con medidas de ampliación de oferta, como la desalación. La reducción de la demanda se puede conseguir limitando las extracciones, aumentando los precios del agua o con mercados del agua ligados al racionamiento del recurso. Ahora bien, es importante señalar que ninguna alternativa puede funcionar en ausencia de reglas de protección de los recursos hídricos que se hagan cumplir estrictamente por las autoridades de cuenca.

El artículo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar, se describe la utilización del agua y los problemas de escasez y de degradación de su calidad, y también se presenta la Directiva Marco del Agua, que es la normativa europea que pretende alcanzar el buen estado de los recursos hídricos. A continuación se analizan los resultados que se están alcanzando en España con la aplicación de la Directiva Marco y las demás políticas de recursos hídricos, y se cuestiona que estas políticas estén consiguiendo una gestión más sostenible de los recursos hídricos.

En el último apartado se presentan las conclusiones del artículo.

## II. LA UTILIZACIÓN DEL AGUA Y LOS PROBLEMAS DE ESCASEZ Y DEGRADACIÓN

La escasez de agua es un problema importante en los países del Sur de Europa como España, en especial durante la época estival por la presión de la demanda de riego y de las actividades turísticas. Además, esta escasez se va a agudizar en las próximas décadas por el aumento de las extracciones y por los efectos del cambio climático.

La pérdida de calidad del agua en los sistemas hídricos afecta a todos los países europeos. La degradación de la calidad del agua es consecuencia de la contaminación por nutrientes, materia orgánica y sustancias peligrosas como metales pesados y compuestos químicos. Las emisiones de nitratos de la agricultura se han estabilizado en los últimos años, aunque continúa habiendo problemas de eutrofización y contaminación del agua. La situación de algunos tramos de ríos fuertemente contaminados ha mejorado, en algunos casos, debido a las fuertes inversiones en plantas de depuración urbanas, a la reducción de la carga de materia orgánica y al uso de detergentes sin fosfatos. Pero sigue habiendo problemas serios de contaminación en los principales ríos.

En Europa, las extracciones de agua alcanzan los 310.000 hm<sup>3</sup>, de los que 120.000 hm<sup>3</sup> se utilizan en agricultura, otros 100.000 en refrigeración de centrales y producción hidroeléctrica, 50.000 en demanda urbana y 40.000 en demanda industrial. El agua que se emplea en refrigeración y pro-

ducción hidroeléctrica retorna a los cursos de agua con pequeños cambios en su calidad. Sin embargo, la mayor parte del agua se utiliza en usos agrarios, urbanos e industriales que degradan la calidad de los retornos. Estos usos consuntivos generan escasez y problemas de contaminación puntual y difusa.

Las extracciones para refrigeración pueden caer a la mitad por la introducción de sistemas más eficientes en las plantas de generación de energía, mientras que la demanda urbana tiende a estabilizarse, al depender de factores contrapuestos como la renta y el tamaño de los hogares, los precios del agua y las tecnologías que aumentan la eficiencia. En el Sur de Europa la principal demanda es la del regadío, y las extracciones conjuntas de España, Italia y Turquía superan los 80.000 hm<sup>3</sup>. Esta demanda tenderá a aumentar por la expansión de la superficie de regadío y por el impacto del cambio climático sobre las necesidades de los cultivos en las próximas décadas.

Las aguas superficiales, subterráneas y costeras se utilizan en actividades humanas urbanas, industriales, agrarias y de recreo, y también sirven de soporte de los ecosistemas acuáticos. Estas actividades humanas están ligadas a los recursos tierra y agua para generar riqueza, pero también degradan la calidad del agua por la contaminación. La calidad del agua puede mejorar reduciendo la carga de contaminantes sobre los cursos de agua, o bien mediante plantas de tratamiento del agua utilizada.

Los efectos de la descarga de aguas residuales dependen de la red de alcantarillado y las plantas de depuración, de los procesos industriales y del consumo de los

hogares. En las últimas décadas se ha conseguido que casi todos los centros urbanos dispongan de plantas depuradoras, en cumplimiento de la Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas de 1991. España y los países del Sur de Europa, junto con Francia, Bélgica y Reino Unido, sólo disponen de tratamiento secundario, que tiene una mayor carga de emisiones de nitrógeno y fósforo. Aun con todo, se ha conseguido una reducción importante de emisiones contaminantes sobre las aguas superficiales, limitando los daños medioambientales en los ecosistemas acuáticos.

El número de sustancias peligrosas que degradan la calidad del agua es elevado, y sus fuentes son diversas. La mayoría de las emisiones de metales pesados (plomo, mercurio, cadmio) procede de las industrias de transformación, mientras que otras sustancias, como nutrientes y pesticidas, provienen de la agricultura. El establecimiento

de regulación sobre un cierto número de sustancias ha reducido las emisiones, pero la reducción de emisiones no es general. El cuadro número 1 muestra la concentración de contaminantes en algunos ríos europeos: se observa que hay fuertes cargas de contaminación por nutrientes (nitratos y fósforo) en los ríos Támesis, Guadalquivir y Sena, y elevadas concentraciones de metales pesados en Sena, Tajo, Guadalquivir y Porsuk.

La carga de fósforo en los cursos de agua procede de fuentes puntuales urbanas e industriales, mientras que la mayoría de la carga de nitrógeno procede de fuentes difusas de la agricultura y la ganadería. La calidad de las aguas de algunos ríos parece que mejora, aunque la información sobre la situación de los ecosistemas acuáticos es muy escasa. La mejora es consecuencia de la reducción de emisiones de materia orgánica y fósforo por la instalación de depuradoras en los centros ur-

banos, y por la reducción de metales pesados y sustancias químicas de las industrias. Ahora bien, la carga de nitrógeno y fósforo de la contaminación difusa de la agricultura no disminuye, por lo que la importancia relativa de esta contaminación está aumentando. Los problemas de contaminación de origen agrario se caracterizan por la incertidumbre de la localización de las fuentes de contaminación, y por la imposibilidad o el coste muy elevado de la medición de las emisiones contaminantes de cada agricultor. Esto tiene consecuencias importantes para el diseño de medidas de control de las emisiones, ya que las medidas de control de la contaminación puntual no sirven, y son necesarias medidas mucho más sofisticadas.

El uso intensivo de fertilizantes es un problema grave en los países del Centro y Norte de Europa, con un consumo muy superior al de los países del Sur. En consecuencia, los problemas de calidad

CUADRO N.º 1

**CALIDAD DEL AGUA EN ALGUNOS RÍOS EUROPEOS (MEDIA 1999-2001)**

<i>País</i>	<i>Cuenca</i>	<i>DBO (mg O<sub>2</sub>/l)</i>	<i>Nitrato (mg N/l)</i>	<i>Fósforo (mg P/l)</i>	<i>Plomo (µg/l)</i>	<i>Cadmio (µg/l)</i>	<i>Cromo (µg/l)</i>	<i>Cobre (µg/l)</i>
Noruega	Skienselva .....	0,2*	0,2	0,02	0,1	0,01	0,15	0,58
Suecia	Dalalven .....	0,1*	0,1	0,02	0,5	0,02	0,37	1,46
Dinamarca	Gudena .....	2,6	1,3	0,10				
Reino Unido	Támesis .....	2,0	7,4	1,36	3,3	0,10	1,27	6,63
Holanda	Maas .....	2,6	5,2	0,21	3,4	0,21	2,34	4,47
Bélgica	Meuse .....	2,2*	2,5*	0,70*	3,2*		1,00*	2,05*
Alemania	Rin.....	2,9*	2,6	0,14	3,8	0,20	2,99	8,59
	Elba .....	8,8*	3,3	0,19	2,5	0,23	1,76	5,42
	Weser .....	2,2	4,0	0,17	4,5	0,20	2,03	4,40
Francia	Loira .....	3,7	3,3	0,26		0,37*		
	Sena .....	3,1	5,6	0,63	22,1*	2,18*	24,67*	15,03*
España	Guadalquivir ...	4,2	6,1	0,95*	10,2*	2,27*		5,73*
	Ebro.....	5,0	2,5	0,20	7,7*	0,23*	0,64	1,61
	Guadiana.....	2,6	2,0	0,69*				
Portugal	Tajo .....	2,3	1,0	0,24	24,3*	5,00*	22,33	1,67
Italia	Po.....	2,2	2,1	0,23				
Grecia	Estimón .....	1,3*	1,4	0,08		0,64		
Turquía	Porsuk .....	1,2	1,2	0,07	4,3	5,00	6,33	5,00

Fuente: OECD (2005). El símbolo \* indica que la media es de los años 1993-1995. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mide la contaminación por materia orgánica, y el agua se considera potable para una DBO entre 0,75 y 1,5 mg O<sub>2</sub>/l.

del agua por contaminación difusa de la agricultura son más serios en el Centro y Norte de Europa, mientras que el principal problema en los países del Sur es la escasez de agua.

La preocupación por los problemas de degradación de los recursos hídricos ha llevado al desarrollo de una extensa normativa europea (5), que ha conseguido reducir la contaminación puntual urbana y las emisiones de sustancias peligrosas de procesos industriales. Se ha conseguido también mejorar la calidad de las aguas superficiales y costeras disminuyendo la presión sobre los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, se mantienen las emisiones contaminantes de la agricultura, en especial nutrientes y pesticidas, y los problemas de escasez en los países mediterráneos.

### La situación en España

La captación y utilización de recursos hídricos en España por sectores económicos, se muestra en el cuadro n.º 2. Las extraccio-

nes superan los 54.000 hm<sup>3</sup>, de los que 22.200 hm<sup>3</sup> se utilizan en refrigeración de centrales y producción hidroeléctrica, y 32.000 hm<sup>3</sup> cubren la demanda consuntiva del regadío, las empresas de suministro urbano y otros sectores industriales y de servicios. Las pérdidas de las redes primarias y secundarias son elevadas y alcanzan los 5.500 hm<sup>3</sup>, y para reducirlas es necesario acometer importantes inversiones en renovación de infraestructuras. La demanda de los hogares alcanza 2.600 hm<sup>3</sup>, con un precio medio de 1 €/m<sup>3</sup>, y la demanda de la industria y los servicios es 3.200 hm<sup>3</sup>, con un precio medio de 0,25 €/m<sup>3</sup>. La demanda neta del regadío es 20.700 hm<sup>3</sup>, y los precios dependen del tipo de agricultura. En los regadíos del interior, con sistemas colectivos de presas y canales, y cultivos en general extensivos y de baja rentabilidad, los precios no suelen superar los 0,06 €/m<sup>3</sup>. En los regadíos del Levante y Sureste peninsular, con bombeo individual de acuíferos y cultivos muy rentables, el rango de precios varía entre 0,09 y 0,21 €/m<sup>3</sup>.

La presión creciente de estas actividades económicas ha creado problemas serios de escasez y degradación del recurso. Los mayores problemas están localizados en el Sureste peninsular, y están ligados a la presión de la agricultura intensiva con captación de aguas subterráneas, junto a la presión urbanística y del turismo sobre la costa mediterránea.

El uso de agua subterránea se acerca a los 6.000 hm<sup>3</sup>, y es una importante fuente de aprovisionamiento para el regadío y las empresas de suministro de agua, en especial en las demarcaciones del Sur, Júcar y Segura, así como en Baleares y Canarias. El volumen de bombeo también es significativo en el alto Guadiana y en el Guadalquivir. La sobreexplotación de acuíferos alcanza 700 hm<sup>3</sup> en las demarcaciones del Júcar (160), Segura (220), Sur (70) y alto Guadiana (220), y es consecuencia de décadas de desgobierno de las aguas subterráneas, que se declararon dominio público en la Ley de Aguas de 1985. Las inscripciones de concesiones (Registro) y derechos privados (Catálogo) están

CUADRO N.º 2

**CAPTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN 2002 (HM<sup>3</sup>)**

	Total	Total consuntiva (*)	Agricultura	Empresas suministro	Otros sectores	Refrigeración	Hidro-eléctrica
Captaciones.....	54.200	32.000	25.200	5.400	1.400	6.200	16.000
Superficial.....	48.500	26.300	20.900	4.200	1.200	6.200	16.000
Subterránea.....	5.700	5.700	4.300	1.200	200		
Pérdidas redes.....	5.500	5.500	4.500	1.000			
Usos:							
Agricultura.....	20.700	20.700	20.700				
Hogares.....	2.600	2.600		2.600			
Otros sectores.....	3.200	3.200		1.800	1.400		
Refrigeración.....	6.200					6.200	
Hidroeléctrica.....	16.000						16.000

(\*) La captación y utilización «total consuntiva» no incluye las captaciones de refrigeración de centrales y producción hidroeléctrica.  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2006) y Martínez y Hernández (2003).

muy lejos de completarse, y se estima que el número de pozos ilegales supera el millón.

La presión de las actividades económicas sobre los acuíferos no sólo crean un problema de escasez, sino también de degradación de la calidad del agua por contaminantes como sales y nutrientes. Los acuíferos con mayor contaminación por sales se encuentran en las demarcaciones del Sur y Segura, y los acuíferos con mayor contaminación por nitratos en el Guadalquivir y Júcar (Hernández *et al.*, 2007). El impacto negativo de la sobreexplotación y la degradación de la reserva de los acuíferos sobre los ecosistemas acuáticos es enorme en amplias zonas de las demarcaciones del Levante y Sureste peninsular.

Por el contrario, la escasez y degradación de los recursos hídricos es moderada en la España interior, ya que el regadío está basado en sistemas de riego colectivos: las confederaciones hidrográficas controlan las concesiones, los caudales y las reservas en los pantanos, mientras que las comunidades de regantes realizan la gestión de los polígonos de riego. Esta buena organización garantiza el caudal ecológico de los ríos y la gestión de sequías y avenidas.

### III. LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA

La Directiva Marco del Agua (DMA) es una normativa europea importante para la conservación de los recursos hídricos. La Directiva establece un esquema común de política del agua con el objetivo de proteger las aguas superficiales, subterráneas y costeras. Para ello, se pretende impedir cualquier degradación adicional de la calidad del agua y mejorar las condiciones de los ecosistemas

acuáticos, promover el uso sostenible del recurso y su conservación, mejorar el medio acuático disminuyendo las emisiones y vertidos, evitar la contaminación de los acuíferos y paliar los efectos de las avenidas y sequías.

Los países definieron las cuencas y las autoridades de cuenca en 2003, y realizaron los estudios de caracterización de presiones, impactos y análisis económicos en 2004. Estos resultados se están utilizando para evaluar el impacto de las actividades humanas y las zonas que necesitan protección especial, y para elaborar los planes de gestión de cuenca y los programas de medidas en 2009. Las políticas de precios del agua han de introducirse en 2010, y los programas de medidas deben estar operativos en 2012, para alcanzar los primeros objetivos medioambientales en 2015. Los principales problemas de escasez y degradación de la calidad de los recursos deben estar resueltos en 2021, cuando finaliza el primer ciclo de gestión, y en el horizonte 2027 debe alcanzarse plenamente el «buen estado ecológico» de todas las masas de agua.

La Directiva introduce el principio de que los precios del agua se aproximen al coste completo de recuperación, para mejorar la eficiencia del uso del agua. El coste completo de recuperación incluye los costes de extracción, distribución y tratamiento, los costes medioambientales y el valor del recurso. La Directiva también establece una combinación de restricciones de emisiones y estándares de calidad de agua, con fechas límite para que todas las aguas alcancen una calidad apropiada. La gestión del agua se organiza a escala de cuenca, con la participación de los usuarios.

El principio de recuperación de costes es un elemento clave, y au-

mentar los precios hasta el coste de recuperación es una medida muy interesante en los sectores industrial y urbano, ya que la demanda industrial y urbana responde a los precios del agua, y se consigue una mayor eficiencia en el uso de ésta. Por el contrario, la demanda de riego no responde a los precios del agua, lo que cuestiona el coste completo de recuperación en la agricultura de regadío como alternativa válida a la asignación directa de cantidades (concesiones).

La utilización del mecanismo de precios para asignar agua en el regadío es cuestionada por Cornish y Perry (2003) y Bosworth *et al.* (2002). Estos autores presentan resultados concluyentes de la literatura y de casos empíricos que demuestran la imposibilidad práctica de utilizar los precios para asignar agua de regadío, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. También señalan que la introducción de mercados de agua es una alternativa mucho más razonable que subir los precios, aunque establecer mercados requiere enormes esfuerzos y tiempo. Por lo tanto, el énfasis de la Directiva sobre los precios es inútil para reducir la demanda de riego en los países mediterráneos.

Para alcanzar los objetivos de la DMA, la medida más apropiada para contrarrestar la escasez de agua por una excesiva demanda urbana e industrial es el mecanismo de precios. Por el contrario, los sistemas colectivos de riego con presas y canales deben controlarse mediante medidas de mando y control, mientras que los regadíos basados en bombeo individual de acuíferos requieren incentivos más sofisticados que promuevan la cooperación de los agricultores para la conservación del agua.

### La aplicación de la Directiva Marco del Agua en España

La Directiva Marco del Agua de 2000 se aprobó en la legislación española en 2003, justo tras la aprobación del Plan Hidrológico Nacional (2001) y del Plan Nacional de Regadíos (2002). El Plan Hidrológico Nacional planteaba grandes inversiones (19.000 millones de euros) para incrementar la oferta de agua a los distintos sectores. El principal proyecto era el trasvase del Ebro, que pretendía contrarrestar la fuerte escasez y degradación de los recursos hídricos en el Sureste, y que originó un fuerte debate político y social (Albiac *et al.*, 2006a y 2007b). La controversia sobre la sostenibilidad económica y medioambiental del trasvase del Ebro y su compatibilidad con la DMA, llevó finalmente a la cancelación del trasvase del Ebro en 2005 y a su sustitución por el programa AGUA de inversiones en plantas de desalación. Ambas versiones del Plan, con el trasvase del Ebro o con el proyecto AGUA, mantienen el enfoque tradicional de expansión de la oferta de agua.

El Plan Nacional de Regadíos está llevando a cabo grandes inversiones (5.000 millones euros) para modernizar el regadío con el fin de ahorrar agua, mejorar la competitividad de las producciones y reducir la contaminación. El Plan Nacional de Regadíos tiene un potencial importante de ahorro de agua y de reducción de la contaminación mediante inversiones en tecnologías de riego avanzadas. Estas inversiones no garantizan la solución de todos los problemas, pero es evidente que las innovaciones tecnológicas en sistemas de riego facilitan el control privado y público de la cantidad y la calidad del agua. La realización del potencial del Plan Nacional de Regadíos requiere la coordinación

y colaboración entre las autoridades del agua y las comunidades de regantes.

Un argumento para esta coordinación es la cuestión de los retornos de riego tras las inversiones en redes y sistemas de riego en parcela. Las pérdidas de agua de los canales de distribución y de los sistemas de riego en parcela vuelven a cuenca, y cuando las inversiones reducen estas pérdidas se puede plantear el problema de que los agricultores utilicen el agua ahorrada en cultivos más intensivos en agua o expandan la superficie de riego. El resultado puede ser un aumento de la evapotranspiración (agua que absorben las plantas) y la reducción del caudal en cuenca. La solución es reducir las concesiones para contrarrestar el eventual aumento de evapotranspiración.

Los problemas más serios de degradación de los recursos hídricos están ligados a la sobreexplotación de acuíferos, y se localizan en el Sureste peninsular y en el alto Guadiana. La presión en el Sureste la origina una agricultura intensiva muy rentable basada en extracciones individuales de acuíferos, junto a la presión de la urbanización del territorio y al turismo en la costa mediterránea. En contraste, la sobreexplotación en el alto Guadiana es consecuencia de la fuerte expansión de una agricultura extensiva poco rentable, que tampoco se ha sabido controlar. La sobreexplotación masiva de acuíferos supera los 700 hm<sup>3</sup>, y se concentra, por orden de importancia, en las cuencas del Segura, alto Guadiana, Júcar y Sur.

El control de la sobreexplotación de acuíferos es un gran desafío para las autoridades de cuenca por varias razones. En primer lugar, está el problema de que las

inscripciones de concesiones de agua subterránea en el Registro y de derechos privados en el Catálogo sólo cubren una parte de los pozos que se utilizan. Como el número de pozos ilegales supera el millón, la normativa no puede cumplirse por falta de medios y técnicas de control, y también porque la voluntad política necesaria sería considerable. En segundo lugar, las autoridades de cuenca no disponen de información suficiente sobre la caracterización y dinámica de los acuíferos que permita conocer cuáles son las extracciones renovables y diseñar los mecanismos de control. En tercer lugar, los actuales responsables de la administración del agua ni siquiera se plantean la implementación de una política de control de acuíferos que funcione, como demuestra el caso del Plan Especial del Alto Guadiana que se comenta más adelante.

Las manifestaciones de los responsables del Ministerio de Medio Ambiente y de las organizaciones ecologistas que propugnan una nueva cultura del agua muestran que sólo consideran como única medida subir los precios del agua hasta llegar al coste completo de recuperación. Ésta es una recomendación que repiten los expertos del Centro y Norte de Europa, pero es una receta que no puede funcionar en España porque no sirve para el regadío. Las confederaciones, en el Sureste peninsular, no controlan el número de pozos o el volumen de las extracciones individuales de acuíferos ligadas a cultivos muy rentables, y por tanto no pueden imponer ningún precio ni coste de recuperación. Además, el nivel de precios necesario para reducir la demanda en alguna de estas zonas supera los 3 €/m<sup>3</sup>, un nivel políticamente inviable (Albiac *et al.* 2006b). Por el contrario, en los regadíos co-

lectivos de la España interior, con cultivos de baja rentabilidad, las autoridades de cuenca pueden imponer el precio que deseen porque tienen el control absoluto de los sistemas de presas y canales. Pero la cuestión que se plantea entonces es la siguiente: ¿por qué jugar a asignar agua a través de los precios cuando se puede hacer una asignación directa y razonable de las cantidades de agua?

Otra crítica a la utilización de los precios del agua en el regadío se deriva de los resultados de Martínez y Albiac (2004 y 2006). Estos resultados muestran que subir los precios del agua es la medida menos coste-eficiente para reducir la contaminación de nitratos de la agricultura.

Algunas políticas de agua que se están aplicando actualmente en España son francamente cuestionables o claramente erróneas. Las dos políticas más cuestionables son el Plan Especial del Alto Guadiana y el programa AGUA. El Plan Especial del Alto Guadiana, en elaboración, pretende atajar la sobreexplotación del acuífero de La Mancha occidental y recuperar el parque natural de las Tablas de Daimiel, uno de los principales humedales de la península. Los esfuerzos de los anteriores presidente y comisario de aguas del Guadiana para sancionar las extracciones ilegales fueron desautorizados por la Dirección General del Agua, lo que supone enviar una señal equivocada no sólo a los cientos de miles de responsables de la explotación de pozos ilegales, sino también a los que explotan en exceso pozos legales y agotan de igual manera los acuíferos.

En lugar de controlar las extracciones, el plan pretende llevar a cabo unas inversiones de 5.500 millones de euros para eliminar 220 hm<sup>3</sup> de sobreexplotación. Lo

que sorprende de esta decisión de los responsables del Ministerio sobre estas enormes inversiones es que no se haya realizado ningún estudio de valoración económica, sobre los daños medioambientales originados por la pérdida de este humedal, que pueda justificar las extraordinarias inversiones.

Además, las grandes inversiones en el alto Guadiana no podrán funcionar sin llevar a cabo un diseño cuidadoso de los incentivos que promuevan la cooperación de los agricultores. Si este enfoque de repartir miles de millones se generaliza a los 500 hm<sup>3</sup> de sobreexplotación de acuíferos en las cuencas del Júcar, Segura y Sur, quizá será necesario invertir otros 12.000 millones de euros en estas cuencas.

Esta política de reparto es inútil porque los acuíferos son bienes comunales y tienen características de bien público impuro (no exclusión, pero rivalidad en el consumo) y externalidades medioambientales. Su degradación y el colapso de sus ecosistemas asociados es similar al colapso de otros bienes comunales, como los bancos de pesca de alta mar o los bosques abandonados. La gestión sostenible de los bienes comunales requiere de la acción colectiva y de la cooperación entre los agentes que manejan el recurso. Las enormes inversiones del alto Guadiana no podrán atajar la sobreexplotación a menos que se consiga organizar la acción colectiva y la cooperación de los agricultores para cuidar el recurso.

La política de inyectar fondos para solucionar los problemas de los acuíferos de La Mancha occidental y Campo de Montiel no es nueva. Esta política se ha venido aplicando en los últimos quince años, y ha sido un auténtico fracaso desde que se inició en 1992 el Plan de Humedales para com-

pensar la renta de los agricultores a cambio de reducir el bombeo en 300 hm<sup>3</sup> al año (6). El Plan estaba mal diseñado desde el principio porque no había control sobre las extracciones ilegales y tampoco sobre las extracciones que no se acogían al Plan, mientras que se ha penalizado a los agricultores que han colaborado con él. Se instalaron 5.000 contadores, pero la inversión fue inútil, y la autoridad de cuenca tuvo que reconocer que los contadores solo podían ser gestionados con la cooperación de los usuarios. El resultado ha sido que no se ha conseguido limitar las extracciones y se han despilfarrado los fondos. Rosell (2001) señala que los recursos que utilizan los regadíos legales (118.000 ha.) superan en un 40 por 100 los recursos renovables (350 hm<sup>3</sup>), a lo que hay que añadir los regadíos en proceso de legalización (21.000 ha.), los regadíos ilegales, y el viñedo y olivo en regadío (65.000 ha.). Como los derechos reconocidos superan a los recursos renovables, una alternativa era conseguir recursos del acueducto Tajo-Segura, pero esta posibilidad ha desaparecido al cancelarse el trasvase del Ebro. El problema que se ha creado es mucho más difícil de solucionar actualmente, porque se han realizado pagos por reducir el bombeo mientras aumentaba la sobreexplotación, se ha penalizado a los agricultores que colaboraban, pero no a los responsables del bombeo ilegal, y se ha cesado al presidente y al comisario de aguas cuando finalmente se pretendía iniciar el cierre de pozos ilegales.

La gestión sostenible de los acuíferos no es tarea fácil, y es indispensable conseguir la cooperación de los agricultores, que son los que manejan y pueden cuidar el recurso. Uno de los pocos casos a escala mundial de acción colectiva en la gestión sostenible del

agua subterránea es el acuífero de La Mancha oriental. El acuífero tiene una superficie de 7.400 km<sup>2</sup>, y en los últimos treinta años la superficie de regadío se expandió de 20.000 a 80.000 ha. La ciudad de Albacete pidió a la Confederación del Júcar la asignación de agua para uso urbano, y la Confederación, con el apoyo de los usuarios de Valencia, puso como condición que se controlaran las extracciones del acuífero de La Mancha oriental. Otra razón que facilitó el acuerdo con los agricultores fue el aumento del coste de bombeo como consecuencia de la sobreexplotación y la caída del nivel freático del acuífero. Las producciones en regadío son de cultivos extensivos, y los costes de bombeo son elevados en relación con el coste de producción, por lo que los agricultores estaban interesados en cooperar para limitar las extracciones y mantener la rentabilidad de sus cultivos.

El apoyo de la sociedad de Albacete y los regantes permitió llegar a un acuerdo entre la Junta de Regantes de Mancha Oriental, la Junta de Castilla-La Mancha y la Confederación del Júcar para la gestión sostenible del acuífero. El acuerdo ha consistido en un proceso de inscripción de los usos anteriores a 1985 y regularización de los usos entre 1986 y 1997, y en un proceso de caracterización de los usos y control de aprovechamientos. La caracterización de usos y control de aprovechamientos se lleva a cabo mediante teledetección por el Instituto de Desarrollo Regional, y mediante la información de cada usuario a través del plan de cultivos. La clave del funcionamiento del sistema es que los propios usuarios están implicados en el proceso de seguimiento y control (Ferrer y Gullón, 2004).

El segundo ejemplo de política de agua cuestionable es el ac-

tual programa AGUA, que sustituye al trasvase del Ebro. El programa AGUA incluye inversiones de 1.200 millones de euros para construir plantas desaladoras y expandir la oferta de agua en 600 hm<sup>3</sup>, de los que 300 hm<sup>3</sup> son para regadío en la franja costera. Aunque en la zona costera hay una demanda potencial de riego de los invernaderos y otros cultivos de alto rendimiento, los costes de bombeo (0,09-0,18 €/m<sup>3</sup>) son muy inferiores al coste de desalación (0,50 €/m<sup>3</sup> más distribución), y los agricultores no van a comprar agua desalada. Las inversiones públicas en desalación sólo se justifican si las autoridades de cuenca hacen cumplir estrictamente la prohibición de la sobreexplotación de acuíferos, lo que obligaría a los agricultores a comprar agua desalada. Se trata de un desafío considerable para las autoridades de cuenca, por lo que el riesgo del programa AGUA es que se inviertan fondos públicos en plantas de desalación y que después la demanda de riego no se materialice. Ante este problema, la solución que preconizan los responsables del agua es subvencionar el agua desalada hasta el nivel que los agricultores estén dispuestos a pagar, es decir el coste de bombeo.

Un aspecto de la gestión del agua en España que conviene destacar es la competencia institucional, técnica y organizativa de las confederaciones hidrográficas, que han acumulado una gran experiencia en gestión durante casi cien años. Las confederaciones disponen de una información de la que carecen otros países europeos, y realizan una muy buena gestión de las aguas superficiales. Las empresas relacionadas con el sector del agua también tienen un alto nivel de competencia (construcción, distribución, depuración y desalación), así como

las empresas de la agricultura de regadío más dinámica del Sureste peninsular

El desafío para alcanzar una gestión sostenible del agua en España no es de capacidad técnica, capital físico o recursos humanos, sino que es necesaria la voluntad política que permita diseñar e implementar medidas que sean razonables. La cuestión clave para avanzar hacia una gestión sostenible es solucionar los problemas de degradación y mala gestión de los recursos hídricos en el sureste peninsular. El ejemplo del acuífero de La Mancha oriental muestra el camino para acabar con el desgobierno de las aguas subterráneas en el Júcar, Segura, Sur y alto Guadiana.

Cualquier política de oferta para expandir la disponibilidad de agua, como la anterior del trasvase del Ebro o la actual del programa AGUA, es cuestionable mientras continúe el desgobierno de las aguas subterráneas. Las políticas de demanda, como prohibir la sobreexplotación de acuíferos o introducir impuestos sobre los bombeos, son técnica y políticamente inviables, porque actualmente las autoridades de cuenca sólo controlan las aguas superficiales. En cuanto a los mercados de agua, aunque existen transacciones informales en las cuencas del Sureste, la introducción de mercados formales necesitaría de esfuerzos enormes y persistentes en el tiempo. La Ley de Aguas se modificó en 1999 para promover mercados formales, pero no ha servido para que hayan surgido transacciones significativas en casi diez años. En cualquier caso, la introducción de mercados formales requeriría también el control del agua subterránea. La experiencia de los mercados de agua en Australia y California demuestra que los instrumentos económicos, por

sí solos, no consiguen proteger los recursos hídricos, y que por tanto son indispensables los instrumentos de mando y control.

Las tareas que tienen por delante las autoridades de cuenca constituyen un auténtico desafío, ya que los acuíferos son bienes comunales difíciles de gestionar y con externalidades ambientales. Su gestión sostenible requiere que la Administración pública establezca incentivos para que surja la cooperación entre los agentes que manejan el recurso, y se alcance la acción colectiva necesaria para la conservación de los recursos hídricos.

#### IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Una de las cuestiones medioambientales más importantes en Europa es la escasez y degradación de los recursos hídricos. En Europa, las principales presiones sobre la cantidad de agua derivan de los usos consuntivos urbanos, industriales y agrarios. Estos usos generan escasez en algunas regiones, y también un problema generalizado de degradación de la calidad por la contaminación puntual y difusa.

La escasez es un problema serio en los países del Sur de Europa, como España, mientras que en los países del Centro y Norte de Europa no hay problemas de escasez. En las zonas semiáridas de los países mediterráneos, como la mitad Sur de la Península Ibérica, hay una utilización masiva de agua para el regadío. En estas zonas, la escasez va a empeorar por la expansión del regadío y del turismo en las áreas costeras, y porque el cambio climático reducirá los recursos disponibles y aumentará las necesidades de los cultivos. Para solucionar el problema de escasez, será

necesario reasignar agua de los usos agrario, urbano e industrial a los usos medioambientales, tanto en acuíferos como en cursos de agua y humedales.

La legislación europea de las últimas décadas ha permitido reducir las emisiones puntuales urbanas e industriales, que dependen de las redes de alcantarillado y las plantas de depuración. A pesar de estos esfuerzos, la contaminación por nutrientes y metales pesados se mantiene elevada en muchas cuencas. Los esfuerzos sobre las emisiones de fuentes puntuales urbanas e industriales debe continuar, y es necesario establecer un control efectivo sobre la contaminación difusa procedente de los nutrientes y pesticidas de la agricultura.

El caso español muestra que la implementación de la Directiva Marco del Agua no es tarea fácil. Tanto el Ministerio de Medio Ambiente en España como el Directorado de Medio Ambiente de la Comisión Europea, abogan por subir los precios del agua en el regadío y utilizar la política agrícola común (PAC) como instrumentos para penalizar a los agricultores. Varios proyectos de investigación financiados por la Comisión Europea y otros trabajos recomiendan también estas opciones de política que parecen cuestionables (7).

Los problemas de escasez y degradación de la calidad de los recursos hídricos en España no se pueden resolver con estas políticas. Subir los precios del agua es un instrumento muy interesante para la demanda industrial y urbana, pero es inútil para el regadío. Subir los precios del agua de regadío no es una alternativa que funcione porque: 1) no hay control sobre un enorme número de pozos ilegales y tampoco sobre las cantidades bombeadas de los po-

zos legales o ilegales; 2) los precios sombra del agua de riego llegan a sobrepasar los 3 euros/m<sup>3</sup>, un precio políticamente inviable, ya que el coste de desalación es 0,50 euros/m<sup>3</sup> y los precios de uso urbano están cerca de 1 euro/m<sup>3</sup>, y 3) la Administración carece de información suficiente sobre la caracterización y dinámica de los acuíferos, lo que impide establecer extracciones sostenibles y hacerlas cumplir.

El Plan Nacional de Regadíos tiene un potencial importante de ahorro de agua y reducción de la contaminación a través de inversiones en tecnologías de riego. Estas tecnologías facilitan el control privado y público de la cantidad y la calidad, y la realización de su potencial depende de la coordinación y colaboración entre los agricultores y las autoridades del agua.

El Plan Especial del Alto Guadiana y el programa AGUA son ejemplos de políticas de agua cuestionables. El Plan del Alto Guadiana no puede funcionar porque es continuación del Plan de Humedales de 1992, que ha fracasado sin paliativos. Ambos planes se basan en el reparto de fondos, en lugar de buscar la acción colectiva a través de la cooperación de los agricultores. Los responsables de la toma de decisiones que promueven el Plan del Alto Guadiana deben examinar cuidadosamente el caso del acuífero de La Mancha oriental, donde se ha conseguido la conservación del recurso por los agricultores.

El programa AGUA también es cuestionable si no se logra el control de la sobreexplotación de acuíferos. Este control es un gran desafío para las autoridades de cuenca, por lo que el riesgo del programa AGUA es que se inviertan fondos públicos en plantas

de desalación y que después la demanda de riego no se materialice porque los agricultores sigan sobreexplotando los acuíferos. La solución que promueven los responsables públicos para que los agricultores compren agua es subvencionar el agua desalada hasta que su precio iguale el coste de bombeo de los agricultores.

El diseño e implementación de medidas adecuadas para el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua es una tarea complicada no sólo en España o en los países mediterráneos, sino en toda la Unión Europea. La gestión sostenible de los recursos hídricos requiere mejorar la información y conocimiento de los recursos superficiales y subterráneos, y de sus ecosistemas asociados. Para estas tareas, se necesitan tiempo y recursos, dada la complejidad de las dimensiones biofísicas, espaciales e intertemporales subyacentes. Los datos estadísticos sobre cantidad de agua en la Unión Europea no son fiables, y los datos sobre calidad de agua aún son peores. Los datos sobre cantidad de agua de la Agencia Europea de Medio Ambiente no coinciden con los datos de las fuentes nacionales (por ejemplo, en España y Francia), y la información sobre cantidad de agua de países como Italia no está disponible.

El conocimiento de los procesos biofísicos subyacentes es un aspecto clave para la gestión del agua, especialmente en el manejo de acuíferos y el control de la contaminación difusa, para lo que es necesario disponer de datos básicos sobre las características y la dinámica de los acuíferos, y sobre la contaminación a escala local y de subcuenca. En relación con la contaminación, se necesita información sobre la carga de emisiones, los procesos de transporte y

destino de los contaminantes, y la contaminación en el ambiente de los cursos de agua. Además, la falta de valoración económica de los costes de daño de los ecosistemas acuáticos por la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación difusa impide valorar los beneficios de las medidas de política.

Incluso cuando se dispone de todo el conocimiento biofísico, la gestión de la cantidad y la calidad del agua superficial y subterránea es una tarea complicada por las características de bien público del agua y sus externalidades medioambientales. El diseño de medidas debe tener en cuenta el comportamiento estratégico de los grupos de interés, estableciendo incentivos que promuevan la cooperación de los agentes para poder alcanzar la conservación de los recursos a través de la acción colectiva (Albiac *et al.*, 2007). Ambos aspectos, conocimientos biofísicos y acción colectiva, es improbable que se logren antes de 2015, que es la fecha límite para el buen estado ecológico de los recursos hídricos.

#### NOTAS

(1) Como muestra el bronce de Contrebia Belaisca del 89 a.C., que documenta el enfrentamiento por el abastecimiento de agua entre la ciudad íbera de Salduie (Zaragoza) y la vascona de Alaun (Alagón), y en el que intervino el procónsul, que era la máxima autoridad romana (FATÁS y BELTRÁN, 1997). Otro ejemplo son las presas de Almonacid de la Cuba, Proserpina y Cornalvo, que alcanzaban la mayor altura de las construidas en el Imperio Romano (ARENILLAS, 2002).

(2) Las exportaciones por cuenca eran: Norte 200, Duero 1.050, Tajo 900 y Ebro 1.855, mientras que las importaciones eran Ebro 400, Tajo 850, Guadiana 170, Guadalquivir 100, internas de Cataluña 475, Júcar 700, Segura 1.205 y Sur 105 (hm<sup>3</sup>).

(3) Las inversiones del Plan de 1993 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1993) eran de 3,6 billones de pesetas corrientes de 1993, y las inversiones del Plan de 2001 eran 3,2 billones de pesetas corrientes de 2000, de las que 0,7 billones correspondían al trasvase del Ebro.

(4) QUINTANILLA *et al.* (1997), utilizando imágenes de satélite, señalan que la superficie de regadío en la cuenca del Segura se triplicó entre 1970 y 1995. En la cuenca Sur, la superficie de la producción de invernadero, que se inició en la década de los sesenta, ha superado las 30.000 ha. El Programa Medioambiental de Naciones Unidas (United Nations Environment Program, 2005) ha publicado imágenes de satélite comparando la situación de los invernaderos en Campo Dalías entre 1974 y 2000 (páginas 200 y 201 del documento [www.na.unep.net/OnePlanet-ManyPeople/Atlas\\_Download/UNEP\\_Atlas/Atlas\\_3-5-Cropland\\_Screen.pdf](http://www.na.unep.net/OnePlanet-ManyPeople/Atlas_Download/UNEP_Atlas/Atlas_3-5-Cropland_Screen.pdf)).

(5) Directiva Marco del Agua (2000), y las directivas de Agua Potable (1998), Prevención y Control Integrado de la Contaminación (1996), Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (1991), Nitratos (1991), Sustancias Peligrosas (1976, integrada en DMA en 2006) y Calidad de Agua de Baño (2006).

(6) Los recursos renovables son de unos 350 hm<sup>3</sup> al año, mientras que las extracciones son de unos 600 hm<sup>3</sup>.

(7) Un ejemplo es el artículo de DOWNWARD y TAYLOR (2007) sobre Almería, donde se afirma que puede alcanzarse la gestión sostenible subiendo los precios del agua y aumentando la oferta mediante desalación. El uso de agua en Almería es de unos 260 hm<sup>3</sup>, y el uso doméstico e industrial es de unos 90 hm<sup>3</sup>. Subir el precio del agua puede reducir la demanda urbana e industrial, pero no la extracción de acuíferos para regadío. Dado que la creciente presión urbanística en la costa puede absorber cualquier ahorro en la demanda urbana e industrial al subir los precios, la escasez creada por la sobreexplotación de acuíferos para regadío se mantendrá. La desalación tampoco puede funcionar, porque los agricultores no comprarán agua desalada a menos que se establezca un control estricto de la sobreexplotación, lo que constituye una gran desafío para las autoridades de cuenca. Por lo tanto, las medidas que proponen DOWNWARD y TAYLOR no pueden dar lugar a la acción colectiva que requiere la conservación de los recursos hídricos.

La política agrícola común (PAC) tampoco sirve para influenciar las extracciones de agua en el Sureste, ya que sus subvenciones cubren productos continentales como los cultivos extensivos, mientras que las producciones de la zona son cultivos mediterráneos, como frutas y hortalizas, sin prácticamente subvenciones.

Algunos ejemplos de proyectos de investigación europeos son: WFD meets CAP ([www.ecologic.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1369](http://www.ecologic.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1369)), Aquamoney ([www.aquamoney.org](http://www.aquamoney.org)), AquaStress ([www.aquastress.net](http://www.aquastress.net)), WADI ([www.uco.es/investiga/grupos/wadi](http://www.uco.es/investiga/grupos/wadi)), POPA-CTDA ([www.popa-ctda.net](http://www.popa-ctda.net)) and POLAGWAT (<http://susproc.jrc.es/docs/waterdocs/FinalRep150802.pdf>).

**BIBLIOGRAFÍA**

ALBIAC, J.; HANEMANN, M.; CALATRAVA, J.; UCHE, J., y TAPIA, J. (2006a), «The rise and fall of the Ebro water transfer», *Natural Resources Journal*, 46 (3): 727-757.

ALBIAC, J.; MARTÍNEZ, Y., y TAPIA, J. (2006b), «Water quantity and quality issues in Mediterranean agriculture», en OECD, ed., *Water and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies*, OECD, París.

ALBIAC, J.; DINAR, A., y SÁNCHEZ-SORIANO, J. (2007a), «Game theory: A useful approach for policy evaluation in natural resources and the environment», en DINAR, A.; ALBIAC, J., y SÁNCHEZ-SORIANO, J. (eds.), *Game Theory and Policy Making in Natural Resources and the Environment*, Routledge Explorations in Environmental Economics, Routledge, Abingdon.

ALBIAC, J.; TAPIA, J.; MEYER, A.; HANEMANN, M.; CALATRAVA, J.; UCHE, J.; MEMA, M., y CALVO, E. (2007b), «Los problemas económicos de la planificación hidrológica», *Revista de Economía Aplicada*, en prensa.

ARENILLAS, M. (1993), «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas sesenta años después», en ZUMÁRRAGA, J. (ed.), *Plan Nacional de Obras Hidráulicas*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

— (2002), «Obras hidráulicas romanas en Hispania», comunicación presentada en el *Primer Congreso sobre las Obras Públicas Romanas*, Mérida. Disponible en <http://traianus.rediris.es/textos/hidraulicas.htm>

BOSWORTH, B.; CORNISH, G.; PERRY, C., y VAN STEENBERGEN, F. (2002), *Water Charging in Irrigated Agriculture. Lessons from the Literature*, Report OD 145, HR Wallingford, Wallingford.

CORNISH, G., y PERRY, C. (2003), *Water Charging in Irrigated Agriculture. Lessons from the Field*, Report OD 150, HR Wallingford, Wallingford.

COSTA, J. (1911), *Política hidráulica (Misión social de los riegos en España)*, Biblioteca Joaquín Costa, Madrid.

— (1912), *La tierra y la cuestión social*, Biblioteca Joaquín Costa, Madrid.

DOWNWARD, S., y TAYLOR, R. (2007), «An assessment of Spain's Programa AGUA and its implications for sustainable water management in the province of Almería, southeast Spain», *Journal of Environmental Management*, 82: 277-289.

FATÁS, G., y BELTRÁN, M. (1997), *Historia de Zaragoza*, volumen 1, *Saldue, ciudad ibérica*, Ayuntamiento de Zaragoza-Caja de Ahorros de la Inmaculada, Zaragoza.

FERRER, J., y GULLÓN, N. (2004), «Actuaciones de gestión y regularización administrativa en el acuífero de Mancha oriental», Comunicación presentada al *VIII Simposio de Hidrogeología de la Asociación Española de Hidrogeología*, Zaragoza.

FORNÉS, J.; DE LA HERA, A., y LLAMAS, A. (2006), «La propiedad de las aguas subterráneas en España: la situación del registro/catálogo», *Ingeniería del agua*, 12 (2): 125-136.

HERNÁNDEZ, N.; MARTÍNEZ, L.; LLAMAS, M., y CUSTODIO, E. (2007), «Groundwater issues in Southern EU member states: Spain country report», Informe presentado ante la Secretaría de la EASAC (European Academies of Sciences Advisory Council), Madrid.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2006), Bases de datos sobre estadísticas medioambientales del agua y cuentas satélite del agua, INE, Madrid. Disponibles en [www.ine.es](http://www.ine.es).

LLAMAS, R. (2005), «Una causa radical de los conflictos hídricos en España», *Tecnología del agua*, 259: 72-76.

LORENZO-PARDO, M. (1933), *Plan Nacional de Obras Hidráulicas*, tomo I, *Exposición general*, Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas, Sucesores de Rivadeneyra, Madrid.

MARTÍNEZ, Y., y ALBIAC, J. (2004), «Agricultural pollution control under Spanish and European environmental policies», *Water Resources Research* 40 (10), doi:10.1029/2004WR003102.

— (2006), «Nitrate pollution control under soil heterogeneity», *Land Use Policy*, 23 (4): 521-532.

MARTÍNEZ, L., y HERNÁNDEZ, N. (2003), «The role of groundwater in Spain's water policy», *Water International*, 28 (3): 313-320.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000), *Libro blanco del agua en España*, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, MIMAM, Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (1940), *Plan General de Obras Públicas*, tomo II, Obras hidráulicas, MOP, Imprenta Talleres Penitenciaris Alcalá, Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1993), *Informe sobre el Plan Hidrológico Nacional*, MOPT, Madrid.

OECD (2005), *OECD Environmental Data. Compendium 2004*, OECD, París.

QUINTANILLA, A.; CASTAÑO, S.; GARCÍA, J.; NAVARRO, E., y MONTESINOS, J. (1997), «Aproximación al estudio de la evolución temporal de la superficie en regadío de la cuenca del río Segura mediante técnicas de teledetección y SIG», en CASANOVA, J. y SANZ, J., eds., *Teledetección: usos y aplicaciones*, Secretaría de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid, Valladolid.

ROSELL, J. (2001), «Aspectos económicos de la utilización de las aguas subterráneas en La Mancha», en HERNÁNDEZ, N. y LLAMAS, M., eds., *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*, Fundación Marcelino Botín-Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (2005), *One Planet, Many People: Atlas of Our Changing Environment*, Earthprint, Stevenage.