



# La Situación y Perspectivas de los Recursos Hídricos en España

JOSE ALBIAC MURILLO

ENCARNA ESTEBAN GRACIA

SAFA BACCOUR

Estudios sobre la Economía Española 2023/29

**Septiembre 2023**

**fedea**

*Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores y no coinciden necesariamente con las de Fedea.*

# **La Situación y Perspectivas de los Recursos Hídricos en España**

**Jose Albiac Murillo<sup>1</sup>, Encarna Esteban Gracia<sup>1</sup> y Safa Baccour<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>: Departamento de Análisis Económico, Universidad de Zaragoza

<sup>2</sup>: Departamento de Economía Agraria. Universidad de Córdoba

## **Resumen:**

Este documento analiza la situación y las perspectivas de la gestión del agua en España. En el trabajo se lleva a cabo una revisión de los recursos, instituciones y políticas del agua, destacando los principales logros y fracasos de las estrategias de gestión en décadas recientes. El estudio muestra los principales desafíos que afrontan las principales cuencas españolas, y se evalúan los distintos instrumentos que permitan alcanzar una gestión más sostenible de los recursos hídricos. Los problemas actuales de escasez y calidad de agua pueden agravarse por los impactos del cambio climático, por lo que es necesario diseñar estrategias de gestión basadas en instrumentos como la actual cooperación institucional de los usuarios en las confederaciones, los instrumentos de mando y control, los instrumentos económicos como precios o mercados del agua, las fuentes de agua alternativas como desalación de agua de mar y reutilización de aguas residuales tratadas, y los trasvases. En definitiva, la combinación de instrumentos dependerá de las prioridades de la sociedad y los territorios en la elección de las alternativas de gestión, en los que España es un interesante banco de pruebas.

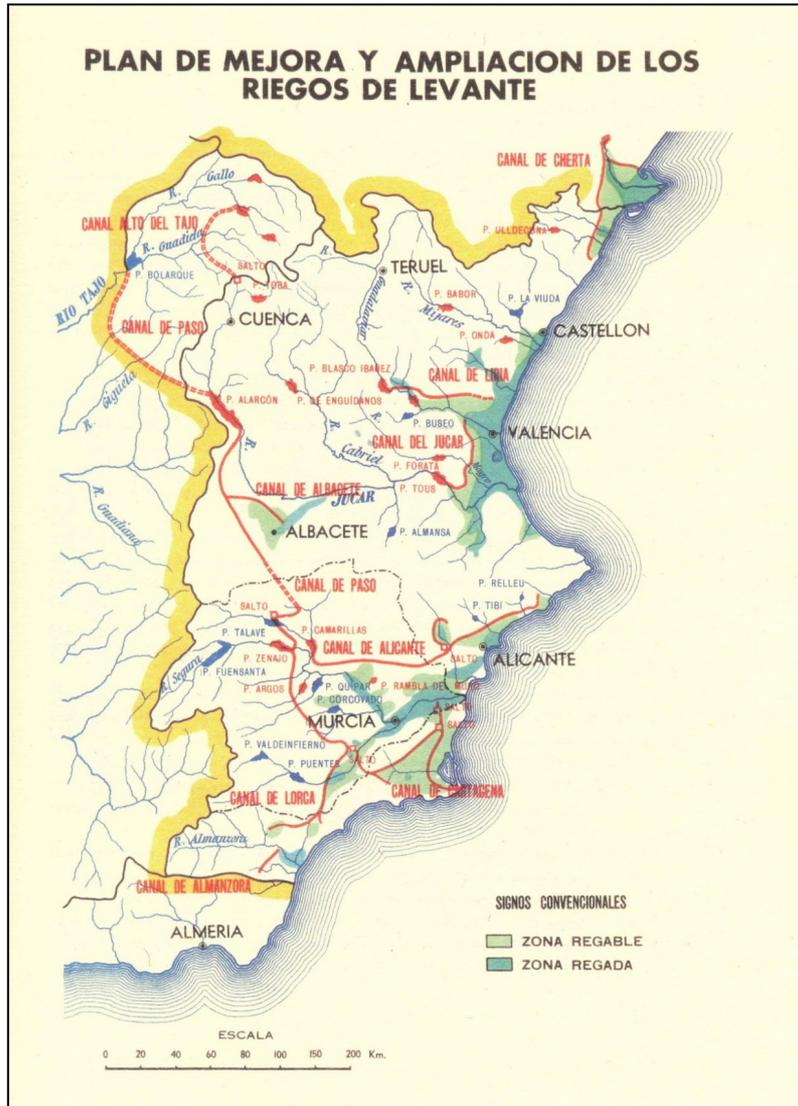
## 1. Introducción

Los recursos hídricos siempre han sido un asunto importante en España. Algunos ejemplos desde la antigüedad son el conflicto jurídico por el agua en el valle medio del Ebro en el siglo I a.C. que documenta el Bronce de Botorrita, la construcción de la presa de mayor altura del Imperio Romano en Almonacid de la Cuba, el Tribunal de las Aguas de Valencia en funcionamiento desde la edad media, o la construcción del Canal Imperial de Aragón y del Canal de Castilla a finales del siglo dieciocho. Los mayores proyectos de agua durante el siglo diecinueve se realizaron para el suministro de agua potable a ciudades como Madrid, Valencia, Gerona o Cartagena, en parte con financiación privada. Pero la financiación privada fracasó en los proyectos de regadío, por lo que la intervención pública en los proyectos de regadío se consideró esencial para promover el desarrollo económico del país y mejorar las condiciones sociales de la población mayoritariamente rural.

La planificación hidrológica se convirtió en una cuestión clave en el siglo veinte, impulsada por las ideas regeneracionistas de Joaquín Costa para la expansión del regadío. La consecuencia fue una sucesión de esfuerzos de planificación entre los que se incluyen el Plan de Obras Hidráulicas de 1933 (Figura 1), los Planes de Desarrollo de los años sesenta y setenta, y los Planes Hidrológicos Nacionales de 1993 y 2001. El trasvase Tajo-Segura se construyó en los años setenta, pero la enorme expansión del regadío en el sureste junto al error de cálculo de disponibilidad de agua en el Alto Tajo, llevaron a las propuestas de enormes trasvases entre cuencas en los Planes de 1993 y 2001. Las inversiones públicas en regulación de agua superficial mediante presas y las inversiones privadas más recientes en explotación de acuíferos han cubierto la creciente demanda de agua de los sectores económicos. El principal uso del agua es la agricultura de regadío, que ocupa una superficie de 3,8 millones de hectáreas.

En este documento se analiza la situación de los recursos hídricos en España en relación con las instituciones del agua y las políticas de gestión. El trabajo presenta los logros y fracasos de las estrategias de gestión en las principales cuencas españolas, y los desafíos para poder conseguir una gestión más sostenible de los recursos. Las respuestas más sostenibles a los problemas del agua dependerán del liderazgo de los

Figura 1. Proyecto del trasvase Tajo-Segura del Plan de 1933.



responsables políticos, y requieren el apoyo de los sectores que utilizan el agua y de la sociedad civil. Además, las decisiones de gobernanza que se tomen han de tener en cuenta los impactos sobre los recursos hídricos del cambio climático en las próximas décadas, que en España serán significativos.

El análisis de la gestión del agua en España se realiza utilizando la información de los planes de cuenca y las bases de datos de las confederaciones hidrográficas, y a partir de los resultados de modelización del trasvase del Ebro (Albiac et al. 2006 y 2008) y de las cuencas del Júcar (Kahil et al. 2015 y 2016), Ebro (Baccour et al. 2021 y 2023), Alto Guadiana y Alto Júcar (Esteban y Albiac 2011 y 2012).

## 2. Ideas básicas sobre el agua en España: recursos, instituciones y políticas de agua

### 2.1 Recursos hídricos

Las presiones sobre los recursos hídricos se agudizaron a partir del periodo de industrialización que se inicia en 1960, con un fuerte aumento de las extracciones de agua y de la carga de contaminantes (materia orgánica, nitrógeno y fósforo, y metales pesados). La evolución de las extracciones de agua desde 1960 se muestra en el cuadro 1, en el que se observa cómo el uso de agua para regadío se ha duplicado y el uso urbano e industrial casi se ha triplicado. En relación con la calidad del agua, la contaminación puntual urbana de nitrógeno y fósforo ha disminuido significativamente por la legislación europea desde 1992, con fuertes inversiones en plantas de tratamiento de aguas residuales. Por el contrario, la contaminación difusa de nutrientes de la agricultura y la ganadería ha seguido aumentando en las cuencas, y es muy difícil de controlar.

Cuadro 1 Evolución de las captaciones de agua (hm<sup>3</sup>/año).

Año	1960	1990	2004	2020
Regadío	12.800	23.000	25.000	23.700
Urbana e Industrial	2.700	5.800	7.500	7.900
Total	15.500	28.800	32.500	31.600

Fuente: Eurostat (2022), INE (2022), MIMAM (2000), MOPT (1993). No incluye la producción hidroeléctrica, la refrigeración de centrales de energía, y la acuicultura.

El cuadro 2 muestra las captaciones por fuente de origen y la utilización del agua por sectores, con unas captaciones de 31.600 hm<sup>3</sup> sobre los 110.000 hm<sup>3</sup> de recursos renovables en las cuencas del país. Las pérdidas de las redes de distribución de agua son importantes (20%), y el agua utilizada se destina a regadío (74%), usos industriales (17%) y uso doméstico (9%). En la utilización de agua, una parte se consume y otra retorna a los cauces. El consumo de agua, o utilización menos retornos, es fundamentalmente agrícola (90%).<sup>1</sup> La medición que se maneja normalmente es la utilización de agua, o extracciones del recurso por los sectores económicos.

<sup>1</sup> En regadío, el consumo varía según la tecnología de riego entre 60 y 90%, y el retorno entre 40 y 10%. En los usos urbano e industrial, el consumo es de alrededor del 15% y el retorno del 85%. Casi toda la utilización urbana e industrial vuelve a cuenca (no se consume). Esto explica que la utilización de agua en regadío sea el 74%, pero que el porcentaje del consumo del regadío sobre el consumo total sea mayor y alcance el 90%

Cuadro 2. Captación y uso de agua por sectores (2020, hm<sup>3</sup>/año).

	Total	Agricultura	Empresas de suministro de agua	Otros sectores
Extracciones	31.600	23.700	5.300	2.600
Superficial	25.300	19.300	3.800	2.200
Subterránea	6.300	4.400	1.500	400
Pérdidas redes	7.000	5.500	1.000	500
Utilización				
Agricultura	18.200	18.200		
Uso doméstico	2.300		2.300	
Otros sectores	4.100		2.000	2.100

Fuente: Eurostat (2022), INE (2022). No incluye la producción hidroeléctrica, la refrigeración de centrales de energía, y la acuicultura.

## 2.2 Organización institucional

La legislación básica sobre gestión de agua es la Ley de Aguas de 1985, que fue modificada en 1999 para permitir los intercambios de agua, y que fue adaptada a la Directiva Marco del Agua europea en 2003. La Ley de Aguas establece que todas las aguas superficiales y subterráneas son de dominio público, y el uso del agua se asigna mediante concesiones temporales, por lo que no hay derechos de agua. La ley otorga a la administración pública una función importante a través de las confederaciones hidrográficas. Las confederaciones son responsables de la elaboración y seguimiento de los planes hidrológicos de cuenca, del control del dominio público hidráulico, y de los usos del agua.

Un aspecto importante de la legislación del agua es la función clave que desempeñan los usuarios del agua, en especial las comunidades de regantes en la agricultura. Las comunidades de regantes se autofinancian y son responsables de la organización del uso del agua, el control de la asignación y consumo, la recaudación de ingresos, y las inversiones en mantenimiento y modernización de los sistemas de riego. Por lo tanto, la legislación establece la descentralización de la gestión del agua, con las confederaciones al cargo de las obras hidráulicas y de la asignación del recurso mediante concesiones, y las comunidades de regantes al cargo de la gestión de las infraestructuras secundarias y de la asignación del agua entre sus miembros.

Además, la Ley de Aguas de 1985 establece los pagos de los usuarios del agua: el canon por utilización del dominio público hidráulico, el canon de control de vertidos, el

canon de regulación que pagan los beneficiarios de las obras hidráulicas, y la tarifa de utilización del agua.<sup>2</sup> El canon de regulación y la tarifa de utilización cubren los costes de operación y mantenimiento, y parte de los costes de inversión de las infraestructuras.

La reforma de 1999 de la Ley de Aguas introdujo la posibilidad de intercambios de agua con bastantes restricciones, y la creación de bancos de agua para facilitar los intercambios durante las sequías, aunque estos intercambios han sido muy limitados. La adaptación a la Directiva Marco del Agua europea ha introducido el objetivo del buen estado ecológico de las masas de agua que se debía alcanzar en 2015, pero los progresos son muy lentos en toda la Unión Europea.

La organización institucional está compuesta por las administraciones públicas a nivel nacional, de cuenca, regional y local. El gobierno central es responsable del diseño e implementación de las políticas de agua y del manejo de las confederaciones hidrográficas. Los gobiernos de las autonomías son responsables del suministro de agua urbana y del tratamiento de aguas residuales, así como de la agricultura, la ordenación del territorio y la protección medioambiental. Las corporaciones locales son responsables del suministro de las redes urbanas y el saneamiento,

Las confederaciones hidrográficas son los principales órganos administrativos responsables de la gestión del agua. Las confederaciones incluyen órganos de gobierno, participación y gestión de los servicios. La principal ventaja de esta institución es que los grupos de usuarios están dentro de los órganos de gestión y cooperan en las decisiones y regulaciones sobre planificación, financiación, infraestructuras, diseño de medidas y gestión del agua. Las confederaciones sirven para lograr la acción colectiva de los grupos de usuarios en la implementación y cumplimiento de las decisiones. Las razones de este enfoque de cooperación institucional son las características del agua como bien público (caudales ecológicos), bien comunal (regadío y agua subterránea) y bien privado (redes urbanas).

---

<sup>2</sup> Regulados en el Reglamento de la Ley de Aguas.

## 2.3 Políticas de agua

Las políticas de agua en los últimos decenios han tratado de dar respuesta a los problemas de escasez y degradación de la calidad del agua. Ante los problemas de escasez y calidad del agua, los planes hidrológicos nacionales de 1993 y 2001 planteaban enormes inversiones para interconectar las cuencas. El plan de 1993 proponía interconectar las cuencas mediante trasvases anuales de 4.000 hm<sup>3</sup> e inversiones de 3,6 billones de pesetas (9% del PIB).<sup>3</sup> El plan de 2001 planteaba un único trasvase desde el Ebro de 1.000 hm<sup>3</sup> con unas inversiones de 6.000 millones de euros (1% del PIB) (Albiac et al. 2006 y 2008). Un problema económico del trasvase del Ebro era que los costes del trasvase por tramos variaban de 0,20 a 1,05 €/m<sup>3</sup> entre Castellón y Almería.<sup>4</sup> A partir de Alicante la desalación era una solución más eficiente que el trasvase, ya que el coste del trasvase superaba los 0,50 €/m<sup>3</sup> del coste de desalación de agua de mar. El formidable tamaño de las inversiones y de las transferencias de agua en ambos planes causó fuertes controversias y desconfianza entre territorios, grupos políticos, y en la sociedad en su conjunto, lo que llevó al colapso de ambos planes.

El Plan Nacional de Regadíos 2002-2008 logró modernizar 1,5 millones de hectáreas con unas inversiones de 4.000 millones de euros, de los que 2.800 millones eran subvenciones públicas y el resto aportaciones de los agricultores. Este plan consiguió aumentar la competitividad del sector y reducir la contaminación de nutrientes de los retornos de riego, pero no la escasez de agua en las cuencas. La “paradoja de la eficiencia de riego” (Grafton et al. 2018) muestra que las ganancias de eficiencia de riego aumentan el consumo de agua de las plantas (por aumento de superficies, dobles cosechas, o cultivos más demandantes de agua), y por tanto reducen los retornos, agravando la escasez a nivel de cuenca (Ward y Pulido, 2006).<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Las exportaciones de agua por cuenca (en hm<sup>3</sup>) eran Norte 200, Duero 1.050, Tajo 900 y Ebro 1.855; y las importaciones de agua eran Ebro 400, Tajo 850, Guadiana 170, Guadalquivir 100, internas de Cataluña 475, Júcar 700, Segura 1,205 y Mediterránea andaluza 105.

<sup>4</sup> Los costes del trasvase por tramos eran 0,20 €/m<sup>3</sup> en Castellón, 0,35 en Valencia, 0,56 en Alicante, 0,60 en Murcia y 1,05 en Almería (Albiac et al. 2008). El coste de las inversiones del proyecto está tomado literalmente del Proyecto de transferencias de Trasagua (2003) para los diferentes tramos del mismo, y el cálculo de los costes de amortización está basado en anualidades constantes siguiendo el criterio del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Uche et al. 2003).

<sup>5</sup> La paradoja de la eficiencia de riego es contraintuitiva, y la explicación es la siguiente. La eficiencia de

El programa A.G.U.A. de 2005 sustituyó al trasvase del Ebro del Plan Hidrológico Nacional de 2001, con inversiones de 2.400 millones de euros en plantas de desalación en la costa mediterránea. El programa aumentó la capacidad de desalación en 500 hm<sup>3</sup>/año con una producción anual de unos 350 hm<sup>3</sup>, de los que la mitad se dedican a regadío. La capacidad de desalación en todo el país es de 1.000 hm<sup>3</sup>/año, y la producción anual es de unos 500 hm<sup>3</sup>, de los que unos 200 hm<sup>3</sup> se destinan a regadío.

En relación con la calidad del agua, la Directiva europea sobre Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas fue traspuesta a la legislación española en 1995. La implementación se ha llevado a cabo mediante tres planes nacionales de depuración y saneamiento sucesivos en los períodos 1995-2005, 2007-2015 y 2022-2027. Esta implementación ha sido desigual dependiendo de la llegada de fondos europeos y de la situación de la economía española. Las inversiones acumuladas se acercan a los 15.000 M€, con un volumen de aguas tratadas de unos 5.000 hm<sup>3</sup>. A partir de la crisis económica de 2008, las inversiones anuales de unos 400 M€ cayeron a 50 M€, lo que llevó al incumplimiento de la directiva y a procedimientos de infracción con elevadas sanciones económicas. Los principales incumplimientos se localizan en Andalucía, Canarias, las dos Castillas y Extremadura. El plan de depuración vigente plantea unas inversiones de 40.000 M€ entre 2021 y 2033 para nuevas plantas de depuración y para renovación de las existentes. También se plantea una mayor reutilización de las aguas depuradas, que actualmente alcanza los 500 hm<sup>3</sup>/año (10% del agua depurada) aunque la reutilización supera el 50% en algunas regiones como Murcia y Valencia (MITECO 2021).

Otras políticas han resultado fallidas, como el Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG) de 2008 para solucionar la sobreexplotación del acuífero de Mancha occidental. La sobreexplotación ha provocado la desaparición de 80 km del río Guadiana y el colapso del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Los esfuerzos previos al PEAG de llevar a juicio las extracciones ilegales de 5.000 agricultores fueron

---

riego es 60% en riego por superficie (40% retorna a cuenca), 75% en riego por aspersión (25% retorna), y 90% en riego localizado (10% retorna). La modernización del riego por superficie reduce la cantidad de agua aplicada a los cultivos, pero el agricultor dispone del agua sobrante para poder ampliar la superficie del regadío, plantar dobles cosechas, o para cultivos más demandantes de agua. La consecuencia es que el agricultor sigue utilizando la misma cantidad de agua de la que dispone, pero los retornos de agua a los cauces caen del 40% (con riego por superficie) al 10% (con riego localizado),

anulados por el gobierno central, cediendo a las presiones de la comunidad autónoma y destituyendo al presidente y al comisario de aguas de la confederación.

Como alternativa al cierre de pozos, el PEAG proponía inversiones de 5.500 M€, de las que se aprobaron 3.000 M€, para reducir las extracciones anuales cercanas a los 600 Mm<sup>3</sup> en el conjunto de acuíferos de Mancha Occidental. La mayoría de las compras de derechos de agua que se realizaron con el PEAG eran ficticias, y finalmente, el plan se canceló en 2012.<sup>6</sup> Lo que sorprende de este plan es que no se aprendió ninguna lección del acuífero colindante de Mancha oriental en el Alto Júcar. En Mancha oriental se consiguió alcanzar extracciones sostenibles durante los años 2000 como resultado de la acción colectiva de los agricultores, en lugar de plantear pagos a los agricultores o enormes inversiones del gobierno central. El PEAG era una política errónea, ya que la cooperación de los usuarios requiere de un compromiso serio para el manejo del acuífero que no puede comprarse (Esteban y Albiac 2011).<sup>7</sup>

### **3. Principales problemas de la gestión del agua en las cuencas**

La presión sobre los recursos hídricos es mucho mayor en las cuencas de la mitad sur de la península que en la mitad norte. Las cuencas de la mitad sur son cuencas prácticamente cerradas hidrológicamente,<sup>8</sup> al tener un caudal muy escaso en desembocadura. El cuadro 3 muestra el caudal medido en la desembocadura de los principales ríos, y la fijación en los planes de cuenca del caudal mínimo medioambiental en desembocadura. Sorprende, por ejemplo, que el Duero con una aportación natural doble que el Guadalquivir, tenga un caudal mínimo medioambiental

---

<sup>6</sup> El informe de WWF (2012) “El fiasco del agua en el Alto Guadiana” analiza mediante teledetección las compras públicas de agua del PEAG por 70 millones de euros en el periodo 2008-2012. Las compras eran ficticias porque una parte de los agricultores que vendían no utilizaban el agua anteriormente, y porque otros agricultores que vendían siguieron utilizando el agua tras la venta. Se compraron 14 hm<sup>3</sup>, de los que 13 hm<sup>3</sup> eran compras ficticias.

<sup>7</sup> El mensaje aquí es que la gestión de los bienes comunales (acuíferos, bosques, bancos de pesca) requiere de la cooperación y acción colectiva de los usuarios, o gobernanza de los comunes como propone la premio Nobel de economía Elinor Ostrom. La puesta en marcha de esta gobernanza es un proceso complejo que no se puede comprar. Algunos autores no consideran la posibilidad de esta gobernanza y señalan que los bienes comunales están abocados a la “tragedia de los comunes”. La solución de pagos del PEAG no podía funcionar sin la acción colectiva de los agricultores, como ya se demostró con el “Plan de Humedales” en el acuífero de Mancha Occidental citado en la sección 3.4, ya que la transparencia y control solo puede lograrse organizando el apoyo de los agricultores.

<sup>8</sup> En hidrología se dice que una cuenca se cierra cuando deja de verter agua al mar, por la sobreexplotación de sus aguas superficiales y subterráneas.

Cuadro 3. Aportación natural, capacidad embalses, y caudal ecológico en las cuencas.

Confederación	Aportación natural (hm <sup>3</sup> /año)	Capacidad de embalse (hm <sup>3</sup> )	Caudal desembocadura o frontera <sup>a</sup> (hm <sup>3</sup> /año (m <sup>3</sup> /s))	Caudal mínimo medioambiental <sup>a</sup> (m <sup>3</sup> /s)
Segura	840	1300	7 (0,2)	0 <sup>b</sup>
Júcar	2500	3000	16 (0,5)	0,5
Guadiana	3900	9600	1040 (33,0)	3,5
Guadalquivir	6000	8800	242 (7,7)	7
Tajo	8500	11140	5220 (165,5)	10
Duero	12000	7550	7160 (227,0)	116
Ebro	15500	7600	9025 (286,1)	107

<sup>a</sup> Caudales en desembocadura, o en la frontera con Portugal para el Tajo y el Duero. Fuente: Planes Hidrológicos de Cuenca. <sup>b</sup> No fija caudal (“caudal de azarbes”)

17 veces mayor que el Guadalquivir. La explicación es la enorme sobreexplotación de las aguas superficiales y subterráneas en el Guadalquivir, por lo que el caudal en desembocadura es 30 veces menor que el caudal del Duero en frontera. En las cuencas de la mitad sur el caudal mínimo medioambiental está entre 0,5 y 10 m<sup>3</sup>/segundo. Por otra parte, el cuadro muestra que la proporción entre la capacidad de embalse y la aportación natural anual es mucho mayor en las cuencas del sur (entre 130% y 220%), mientras que en las cuencas del norte (Ebro y Duero) la proporción es mucho menor (50-60%). La consecuencia es que en las cuencas del norte la planificación de usos es anual, mientras que en el sur se puede llevar a cabo una planificación de usos plurianual.

Otro problema serio en las cuencas del sur es la sobreexplotación de acuíferos. A pesar de que el agua subterránea fue declarada de dominio público en la ley de 1985, el vaciado de acuíferos en las cuencas del Júcar, Segura, Mediterránea Andaluza, Guadiana y Guadalquivir (Figura 2) es de unos 1.000 hm<sup>3</sup>/año. El registro de las concesiones y derechos privados del agua subterránea está lejos de completarse, y el número de pozos ilegales puede estar por encima del medio millón (Hernández et al. 2010). La sobreexplotación y pérdida de la calidad del agua en los acuíferos ha llevado a una intensa degradación de ecosistemas acuáticos, en especial de los ecosistemas emblemáticos en las cuencas del Guadiana (Tablas de Daimiel), Guadalquivir (Doñana), Segura (Mar Menor) y Júcar (Albufera).

Figura 2. Confederaciones Hidrográficas



Finalmente hay que señalar los compromisos entre España y Portugal sobre el caudal del Duero y del Tajo. El proyecto del Plan Hidrológico Nacional de 1993 proponía enormes trasvases de agua entre las cuencas, con exportaciones de 1.050 hm<sup>3</sup> del Duero y 900 hm<sup>3</sup> del Tajo. Portugal consideró que este plan amenazaba los caudales del Duero y del Tajo en Portugal, y la consecuencia fue exigir un compromiso de suministro de caudales mínimos en la entrada del Duero y el Tajo en Portugal. El acuerdo se plasmó en el Convenio de la Albufeira de 1998 que fija unos caudales mínimos anuales en frontera de 3.800 hm<sup>3</sup> para el Duero y de 2.700 hm<sup>3</sup> para el Tajo.

### 3.1 La confederación del Guadalquivir

La cuenca del Guadalquivir es el ejemplo más reciente de expansión descontrolada de extracciones de agua. Los recursos renovables se estiman en unos 6.000 hm<sup>3</sup> anuales (CHGQ 2022), y la presión sobre los recursos hídricos ya era muy elevada en 1995 con extracciones de 3.400 hm<sup>3</sup> de los que 2.900 hm<sup>3</sup> se utilizaban para regar 480.000 ha y 500 hm<sup>3</sup> para la demanda urbana e industrial. En las últimas décadas la superficie de regadío se ha duplicado alcanzando las 900.000 ha sin ninguna medida de control efectivo por parte de presidencia o comisaría de aguas de la confederación durante el

período de fuerte expansión 1995-2010. En agua superficial, se ha dado el caso de la creación de zonas de riego con toma directa de los ríos sin cobertura legal. En agua subterránea, las extracciones de regadío han pasado de 300 a unos 900 hm<sup>3</sup>, que han cubierto principalmente la puesta en regadío del olivar.

En la actualidad las extracciones alcanzan unos 4.000 hm<sup>3</sup> de los que 3.500 hm<sup>3</sup> se utilizan en regadío, y 500 hm<sup>3</sup> en urbana e industrial. La escasez de agua desde 1995 ha llevado a la modernización de los sistemas de riego con una fuerte reducción de la superficie de riego por gravedad (de 50 a 10%) y por aspersión (de 30 a 10%), y su sustitución por riego localizado (de 20 a 80%) (ESYRCE 2022). Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, la modernización del regadío incrementa el consumo de agua por los cultivos (“paradoja de la eficiencia de riego” al aumentar la evapotranspiración) y en consecuencia se ha reducido el caudal en cuenca por la caída de los retornos de riego.

El problema en la cuenca es el siguiente: durante los años húmedos hay suficientes recursos hídricos para cubrir el regadío de agua superficial con derechos consolidados y el regadío de agua subterránea. Sin embargo, durante los años de sequía como ocurre en la actualidad, las extracciones de agua subterránea reducen considerablemente el agua de fuente superficial. El resultado es una reducción sustancial del caudal de los ríos, y solamente se puede cubrir la demanda de las redes urbanas para consumo doméstico e industrial por las reglas de prioridad, mientras que el ajuste lo soporta el regadío abastecido con agua superficial y los caudales ecológicos que sostienen los ecosistemas.

Las extracciones de agua superficial para regadío son 2.900 hm<sup>3</sup>, y en los años de escasez estas extracciones se ven mermadas por la expansión de las extracciones de agua subterránea que han crecido en 600 hm<sup>3</sup> desde 1995. Como las extracciones totales de agua han aumentado de 3.400 a 4.000 hm<sup>3</sup>, la presión sobre los ríos en la cuenca está empeorando el problema de escasez de agua, y muchos acuíferos están sobreexplotados. El ecosistema más importante en la cuenca es Doñana, que es el principal humedal de la península Ibérica declarado patrimonio mundial por la UNESCO. Doñana lleva años seriamente amenazado por la sobreexplotación de

acuíferos de los regadíos en su entorno, y corre un riesgo cierto de entrar en la lista de patrimonio en peligro de la Unesco y de descatalogación de la lista verde de la UICN.

La mala gestión de la confederación ha ido unida al intento por parte del gobierno autónomo andaluz de apropiarse de la cuenca, que fue transferida a la Junta de Andalucía en 2009, aunque finalmente la transferencia fue anulada por el tribunal constitucional y el tribunal supremo en 2011 (junto a la anulación de la transferencia de la confederación del Duero al gobierno autónomo de Castilla-León).<sup>9</sup>

### 3.2 La confederación del Segura

La cuenca del Segura es otro ejemplo de expansión descontrolada del regadío. La superficie de regadío alcanzaba las 100.000 ha en 1980 cuando se puso en marcha el trasvase Tajo-Segura, y el regadío se expandió en los siguientes decenios hasta las 260.000 ha por las expectativas creadas por el trasvase, la rentabilidad del regadío, y la falta de control de las autoridades. La disponibilidad anual de recursos renovables en la cuenca es de 840 hm<sup>3</sup>, a los que se añaden 300 hm<sup>3</sup> del trasvase Tajo-Segura y 230 hm<sup>3</sup> de desalación de agua del mar. Frente a esta disponibilidad de 1.370 hm<sup>3</sup>, las extracciones alcanzan los 1.700 hm<sup>3</sup> de las que 1.500 hm<sup>3</sup> se destinan al regadío (CHS 2022).

La desproporción sustancial de 330 hm<sup>3</sup> entre demanda y oferta se cubre con la sobreexplotación de los acuíferos de la cuenca (Vegas media y baja del Segura, sinclinal de Calasparra, Alto y Bajo Guadalentín, y campo de Cartagena), con un vaciado acumulado que supera los 12.000 hm<sup>3</sup> y caídas de la tabla de agua que superan los 300 metros en algunos acuíferos. La sobreexplotación de acuíferos está también causando problemas de subsidencia del terreno, con daños significativos en la ciudad de Murcia y en el Valle del Guadalentín.

La confederación del Segura no ha controlado la enorme expansión del regadío desde 1980, y la política del gobierno autónomo ha consistido en reclamar el aumento

---

<sup>9</sup> Las organizaciones de cuenca que abarcan varias comunidades autónomas son competencia del gobierno central, y las que están en el interior de una comunidad autónoma son competencia del gobierno autónomo. Es importante que las confederaciones que abarcan varias comunidades autónomas se mantengan bajo la competencia del gobierno central, ya que trocearlas por comunidades autónomas haría mucho más difícil la cooperación de los grupos de usuarios, como se observa en los países federales (EE.UU., Alemania o Australia).

de la oferta de agua mediante trasvases desde otras cuencas. Las perspectivas del plan de cuenca son la expansión de la desalación de agua de mar en 100 hm<sup>3</sup>/año con lo que se pretende reducir la sobreexplotación de acuíferos. Esta reducción es incierta porque la aportación del trasvase Tajo-Segura va a disminuir en los próximos años.

La reciente aprobación del aumento del caudal medioambiental en el Tajo, supone una reducción de 300 a 200 hm<sup>3</sup> en el volumen anual del trasvase Tajo-Segura. El gobierno central plantea sustituir la caída de 100 hm<sup>3</sup> del agua del trasvase con las inversiones en plantas de desalación que señala el plan, y además subvencionar a los agricultores el agua desalada para que no supere los 0,34 €/m<sup>3</sup>, un precio superior al del agua del trasvase (0,20 €/m<sup>3</sup>). Por lo tanto, la expansión de la desalación en 100 hm<sup>3</sup> que recoge el plan de cuenca no va a servir para reducir la sobreexplotación de acuíferos.

Algunas medidas para hacer frente a la escasez de agua en el Segura han sido meramente cosméticas, como la construcción en 2012 de una tubería de 11 kilómetros en la ciudad de Murcia para recircular el agua en el tramo urbano de la ciudad.

Además de los problemas de escasez de agua, también hay problemas serios de contaminación de nutrientes de la agricultura. Especialmente grave es el caso del campo de Cartagena, que ha degradado progresivamente los ecosistemas del Mar Menor.

### 3.3 La confederación del Júcar

La confederación del Júcar incluye las cuencas de los ríos Júcar, Turia, el río Mijares y la Plana de Castellón, y otros ríos menores. La disponibilidad anual de recursos renovables es de 2.500 hm<sup>3</sup>, a los que se añaden 110 hm<sup>3</sup> de las plantas de desalación. Las extracciones de agua alcanzan los 3.000 hm<sup>3</sup>, de los que 2.400 cubren la demanda de 374.000 ha de regadío, y 600 las demandas urbana e industrial (CHJ 2022). Al superar ampliamente las extracciones a los recursos renovables, hay problemas serios de sobreexplotación de acuíferos. Los mayores desequilibrios entre recursos renovables y extracciones se dan en los sistemas de la cuenca del Júcar (-330 hm<sup>3</sup>), Turia (-180 hm<sup>3</sup>) y Vinalopó-Alacantí (-100 hm<sup>3</sup>).

La cuenca del Júcar es una cuenca prácticamente cerrada hidrológicamente con unos recursos renovables de 1.240 hm<sup>3</sup> y unas extracciones de 1.570 hm<sup>3</sup>, de las que casi la mitad son de agua subterránea. Este desequilibrio explica el exiguo caudal ecológico mínimo en desembocadura, inferior a 1 m<sup>3</sup>/s (30 hm<sup>3</sup>/año). La mayoría de los recursos (85%) se utilizan para cubrir las 190.000 ha de regadío en la cuenca en las zonas de Mancha oriental en el Alto Júcar, los regadíos tradicionales de la Acequia Real del Júcar, Escalona, Carcagente y Ribera baja en el Bajo Júcar, y el área más moderna de regadío del Canal Júcar-Turia.

La expansión de las extracciones y las fuertes sequías de las últimas décadas han provocado considerables impactos negativos sobre el medio ambiente y las actividades económicas. Buena parte del crecimiento de las extracciones de agua en las últimas décadas es consecuencia de la expansión del regadío en el Alto Júcar con agua subterránea del acuífero de Mancha oriental, que ha provocado un vaciado del acuífero en torno a los 2.500 hm<sup>3</sup>. En 1980, el acuífero alimentaba al río Júcar con 150 hm<sup>3</sup>/año, pero en la actualidad el acuífero drena el caudal del río Júcar en lugar de aportar caudal. La disminución del caudal ha perjudicado a los regadíos tradicionales del Bajo Júcar, y también a la Albufera que es el principal humedal de la cuenca y depende de los retornos de las zonas de regadío tradicional.

El acuífero de Mancha oriental es el mayor acuífero de la península Ibérica con una extensión de 7.300 km<sup>2</sup>. El interés de lo ocurrido con este acuífero deriva de que es el único caso conocido a nivel global en zonas áridas o semiáridas, de un gran acuífero en el que se haya logrado alcanzar una gestión sostenible. El proceso institucional que condujo a esta acción colectiva se inició cuando los agricultores se dieron cuenta de los problemas del vaciado del acuífero y respondieron creando una junta de regantes para el manejo del acuífero en 1994. Esta respuesta fue consecuencia de la petición de control de las extracciones por la confederación hidrográfica con el apoyo decidido de los regantes con derechos de agua del Bajo Júcar, de las amenazas de la confederación de no conceder a los agricultores permisos de bombeo, y por el aumento de los costes de bombeo ante la progresiva caída de la tabla de agua con el vaciado. El resultado ha sido la reducción progresiva de las extracciones anuales en 100 hm<sup>3</sup> durante la década

2000-2010, consiguiendo rebajar las extracciones hasta el nivel de recarga (Esteban y Albiac 2011 y 2012).

Pero la presión sobre el Júcar ha seguido aumentando con la construcción del trasvase Júcar-Vinalopó que entró en servicio en 2013, para paliar la enorme sobreexplotación de acuíferos en el Vinalopó con caídas de hasta 350 metros en las tablas de los acuíferos. Las perspectivas de gestión de la cuenca en las próximas décadas van a ser problemáticas porque el cambio climático va a reducir la disponibilidad de agua un 12% en 2040 y un 25% en 2100, y porque la frecuencia de las sequías se multiplicará por tres en 2040 y por diez en 2100 (Pérez Martín et al. 2015, CEDEX 2017).

### 3.4 La confederación del Guadiana

La cuenca del Guadiana tiene una disponibilidad de recursos renovables de 3.900 hm<sup>3</sup> y unas extracciones de 2.300 hm<sup>3</sup>, de los que 2.050 se utilizan para el riego de 510.000 ha, y 250 para demanda urbana e industrial (CHGN 2022). La cuenca dispone de una enorme capacidad de embalse de 9.600 hm<sup>3</sup>, y las principales presas son La Serena (capacidad 1.900 hm<sup>3</sup>, la mayor de España), Cíjara (1.500) y Alange (900).

Las mayores presiones sobre los recursos hídricos se localizan en el Alto Guadiana por la enorme expansión del regadío utilizando agua subterránea del acuífero de Mancha occidental. La superficie de regadío en Mancha occidental fue aumentando de 30.000 ha en 1974 a 125.000 ha en 1987, hasta alcanzar las 190.000 ha en la actualidad. Las extracciones anuales superan los 600 Mm<sup>3</sup> frente a una recarga de solo 300 Mm<sup>3</sup>. El vaciado del acuífero ha provocado la desaparición de 80 km del río Guadiana y de los humedales (tablas) del Guadiana y el Cigüela. El vaciado del acuífero a partir de 1990 ha fluctuado en un rango entre 2.000 y 4.000 hm<sup>3</sup> (Mejías 2004), excepto en el periodo de recuperación del acuífero 2011-2013 por las elevadas precipitaciones.

La respuesta de la confederación ante el vaciado fue la declaración oficial del acuífero como sobreexplotado en 1987, por lo que se prohibía la construcción de nuevos pozos de bombeo. La confederación tardó 4 años en diseñar un régimen de explotación que redujera las extracciones mediante un sistema de cuotas. Este

régimen fue completamente ignorado por los agricultores, y la confederación fue incapaz de hacerlo cumplir debido a la falta de recursos y la falta de voluntad política. La confederación financió la instalación de caudalímetros en los pozos, que fueron inutilizados por los agricultores.

La declaración oficial de acuífero sobreexplotado obligaba a los usuarios a organizarse en comunidades de regantes para una mejor gestión del agua. Pero los usuarios respondieron creando un lobby para proteger el bombeo ilegal, formado por sindicatos agrarios, ayuntamientos, comunidades de regantes, y miembros del gobierno autónomo. La creación de las comunidades de regantes era una intervención forzada sobre los agricultores, que se organizaron por término municipal en lugar de por unidades hidrológicas. El propósito no era manejar el agua sino ejercer presión política, por lo que en los equipos de las comunidades de regantes no había técnicos en hidrología sino abogados para defender a los agricultores ante los tribunales.

En la década de 1990, el denominado “Plan de Humedales” de 1993 distribuyó 100 millones de euros para reducir las extracciones, pero el plan no consiguió detener el vaciado, que aumentó hasta cerca de 4.000 hm<sup>3</sup> en 1996. En 2005, la confederación llevó a juicio los pozos ilegales de 5.000 agricultores, pero la presión de los agricultores, las organizaciones sociales y el gobierno autónomo consiguió que la ministra de medio ambiente cesara en 2006 al presidente y al comisario de aguas de la confederación, y se retiraran las denuncias. La combatividad de los agricultores llegó al extremo de incendiar los vehículos de la guardería fluvial de la comisaría de aguas de la confederación.

La siguiente iniciativa fallida fue el Plan Especial del Alto Guadiana de 2008 para reducir las extracciones anuales de 600 Mm<sup>3</sup>, con un presupuesto de 5.500 millones de euros de los que se aprobaron 3.000 millones, para la compra de derechos de agua, reforestación, suministro urbano y tratamiento de aguas residuales. La mayoría de las compras de derechos de agua que se realizaron con el PEAG eran ficticias, y finalmente el plan se canceló en 2012.

En el plan hidrológico 2022-2027, la confederación prevé abordar el principal problema de la cuenca, que es el desgobierno del acuífero de Mancha occidental. Se

pretende reducir las extracciones subterráneas en el alto Guadiana de 600 a 350 hm<sup>3</sup>. Se trata de una tarea que parece inalcanzable, dada la trayectoria de las políticas llevadas a cabo en el acuífero junto al comportamiento de los agricultores y las organizaciones sociales, cuya acción colectiva ha tenido como objetivo impedir la reducción de las extracciones del acuífero en los últimos cuarenta años.

### 3.5 La confederación del Tajo

La cuenca del Tajo tiene una disponibilidad anual de recursos renovable de 8.500 hm<sup>3</sup> frente a unas extracciones de 3.090 hm<sup>3</sup>. Las extracciones cubren el uso agrario (2.000), los usos urbano e industrial (790) localizados fundamentalmente en el área metropolitana de Madrid, y el trasvase Tajo-Segura (300). Por otra parte, el Convenio de la Albufeira obliga a España a aportar un caudal anual de 2.700 hm<sup>3</sup> a la entrada del Tajo en Portugal. La capacidad de los embalses es significativa y alcanza el 130% de la aportación natural de la cuenca (CHT 2022).

La zona metropolitana de Madrid ejerce una fuerte presión sobre las masas de agua de los ríos Manzanares, Jarama, Guadarrama y Henares, por la carga de vertidos urbanos e industriales. La mitad de las masas de agua superficial de la cuenca están en mal estado por la contaminación puntual de las zonas urbanas y la contaminación difusa de nutrientes de la agricultura.

Un conflicto importante en la cuenca del Tajo a lo largo de las últimas décadas es el del trasvase Tajo-Segura, que exporta agua desde el Alto Tajo al sureste peninsular. La disponibilidad de agua en el Alto Tajo ya estaba mal calculada en el Plan de Obras Hidráulicas de 1933, con una estimación de 1.000 hm<sup>3</sup> trasvasables por año. Cuando finalmente se construyó hace medio siglo, la infraestructura se diseñó con una capacidad de transferencia de 1.000 hm<sup>3</sup> siguiendo el plan de la República. Sin embargo, la media anual de agua trasvasada desde la puesta en servicio ha sido únicamente de 300 hm<sup>3</sup>, y solo un año ha llegado a los 600 hm<sup>3</sup>.

El conflicto por el trasvase ha enfrentado a los gobiernos autónomos de Castilla-La Mancha, Valencia, Murcia y Andalucía. El primer conflicto lo inicio el gobierno de Castilla-La Mancha en 2005, para separar las cuencas del Mijares, Turia, Vinalopó, Serpis y las Marinas de la confederación del Júcar, de forma que pasaran a ser cuencas

interiores de la Comunidad Valenciana. Su intención era restringir la confederación a la cuenca del Júcar, para lograr un mayor poder de decisión y dificultar los trasvases al sureste. Pero la separación fue rechazada por las sucesivas sentencias del tribunal supremo y del tribunal constitucional.

Un segundo conflicto ha surgido por la fijación de los caudales ecológicos en el plan hidrológico del Tajo. El trasvase del Acueducto Tajo-Segura compromete el caudal circulante aguas arriba del Tajo en Aranjuez. La fijación de caudales ecológicos ha sido apoyada por sucesivas sentencias del tribunal supremo en 2019, y los caudales ecológicos se han incorporado al plan del Tajo 2022-2027. El incremento progresivo del caudal ecológico en Aranjuez hasta 8,6 m<sup>3</sup>/s reducirá el volumen anual de agua trasvasada en 100 hm<sup>3</sup>. La respuesta de los gobiernos autónomos de Valencia, Murcia y Andalucía ha sido interponer recursos ante el tribunal supremo para revocar los caudales ecológicos.

Las perspectivas para mejorar la gestión de la cuenca en el plan hidrológico del Tajo 2022-2027 son aumentar los caudales ecológicos en los ríos de la cuenca, disminuir la carga de contaminación puntual urbana mediante inversiones en renovación o construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, y una cierta reducción del uso agrario por la modernización del regadío.

### 3.6 La confederación del Duero

La cuenca del Duero dispone de 12.000 hm<sup>3</sup> de recursos renovables anuales frente a unas extracciones de 3.640 hm<sup>3</sup>. El uso agrario utiliza 3.340 hm<sup>3</sup> para el regadío de 460.000 ha, y la demanda urbana e industrial alcanza los 300 hm<sup>3</sup> (CHD 2022). La presión sobre la cantidad de agua es moderada y permite garantizar el caudal de 3.800 hm<sup>3</sup> de aportación anual a Portugal fijados en el Convenio de la Albufeira, así como el caudal ecológico mínimo de 116 m<sup>3</sup>/s en la frontera de Portugal.

Aunque la presión sobre la cantidad de agua es moderada, hay zonas bajo fuerte presión como el acuífero de Los Arenales en la parte central de la cuenca. Este acuífero está sobreexplotado, con unas extracciones de 370 hm<sup>3</sup> frente a una recarga de 210 hm<sup>3</sup>. Autores como Pérez Blanco et al. (2021) advierten que el actual Índice de Explotación del Agua del 30% (ratio extracciones sobre recursos renovables) muestra

una situación de escasez. Señalan que en las próximas décadas el cambio climático va a empeorar la escasez y comprometer los caudales ecológicos. Las predicciones para el Duero son una reducción del 14% de las entradas de agua en cuenca (RCP 4,5)<sup>10</sup> y un aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías, que provocarán fuertes pérdidas en el sector agrario.

La cuenca tiene problemas serios de contaminación puntual urbana y de contaminación difusa de nutrientes de la agricultura, por lo que el 70% de las masas de agua de la cuenca no alcanzan el buen estado. La mayor carga de contaminación difusa por nutrientes no proviene de la agricultura sino de los estiércoles de la ganadería. Una solución posible para reducir la contaminación es la sustitución de los fertilizantes sintéticos de la agricultura por fertilizantes orgánicos de la ganadería, aunque su puesta en marcha requiere un gran esfuerzo para organizar la cooperación entre agricultores y ganaderos, como sucede en Dinamarca o en alguna zona del valle del Ebro (Tauste y Ejea).<sup>11</sup>

Las medidas del plan de cuenca para mejorar la gestión prevén unas inversiones de 2.300 M€, de los que 1.200 se utilizarán en modernización de regadíos y 300 en plantas de saneamiento y depuración. La modernización de regadíos es una medida costosa que reduce la contaminación porque disminuye la utilización de fertilizantes, aunque también reduce el caudal en cuenca por la paradoja de la eficiencia de riego citada anteriormente.

### 3.7 La confederación del Ebro

La cuenca del Ebro es una de las principales cuencas del Mediterráneo. La disponibilidad anual de recursos renovables es de 15.500 hm<sup>3</sup> y la capacidad de embalse es de 7.600 hm<sup>3</sup>. Las extracciones alcanzan los 8.830 hm<sup>3</sup>, de los que 8.140 se destinan a regadío, 490 a uso urbano e industrial, y 200 se exportan a las áreas metropolitanas de Bilbao y Tarragona (CHE 2022). El uso de agua subterránea es

---

<sup>10</sup> La RCP 4,5 (Representative concentration pathway) es la proyección de la trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero hasta el año 2100, con un forzamiento radiativo de 4,5 W/m<sup>2</sup>, que se utiliza para modelizar el clima. Otra proyección más pesimista es la RCP 8,5 en la que no se toman medidas de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

<sup>11</sup> Otra opción es la construcción de plantas de tratamiento de estiércol que pueden generar biogás, pero que tienen un coste muy elevado.

limitado (6,5% de las extracciones) por lo que hay pocos problemas de sobreexplotación, que solo afectan a los acuíferos de Gallocanta, Campo de Cariñena o Alfamén.

Los principales desafíos de gestión en la cuenca del Ebro se derivan de los problemas de cantidad y calidad del agua, por lo que el 30% de las masas de agua no alcanzan el buen estado. Las presiones sobre la cantidad proceden sobre todo de la gran extensión de los polígonos de riego (780.000 ha), especialmente durante las sequías. La respuesta de la confederación a las sequías consiste en la reducción de las captaciones del regadío y en la disminución de los caudales ecológicos, y en casos extremos se limita la producción hidroeléctrica y el abastecimiento urbano. En los últimos decenios, las sequías severas han ocurrido una vez cada diez años, con una caída de las entradas de caudal en cuenca cercana al 40%.

Las presiones sobre la calidad de agua son consecuencia de la contaminación puntual y difusa. La carga de contaminación puntual ha disminuido significativamente por las inversiones en plantas de tratamiento en los centros urbanos y las industrias. Sin embargo, la contaminación difusa agraria de los cultivos y la ganadería sigue aumentando, con una carga de nitratos en el origen de 240.000 toneladas de nitrógeno en nitrato ( $tNO_3-N$ ) de las que 90.000  $tNO_3-N$  acaban en los cursos de agua (Baccour et al. 2021). La mayor parte de la carga de nitrógeno procede de los estiércoles ganaderos (85%).

Un problema serio que tiene la cuenca es la elevada ratio de extracciones sobre recursos renovables. El Índice de Explotación del Agua supera el 50% (8.830/15.500) aunque el Índice mejorado de la Comisión Europea (IEA+), que tiene en cuenta los retornos y está basado en el consumo, es menor y alcanza el 32% (5.050/15.500).

Otro problema en la cuenca es la baja proporción entre la capacidad de embalse y la aportación natural anual (Cuadro 3), que es inferior al 50% y es mucho más baja que en las confederaciones de la mitad sur de la península (entre 160 y 220%). La baja capacidad de embalse y las elevadas extracciones impiden una gestión multianual de la cuenca y una gestión adecuada de las sequías prolongadas. La ampliación de la capacidad de embalse ha sido impedida en las últimas décadas por la considerable

conflictividad jurídica liderada por las organizaciones ecologistas, con una litigación ante los tribunales mucho mayor que en las demás cuencas que disponen de mayor capacidad de embalse.

El programa de medidas del plan de cuenca prevé unas inversiones de 3.800 M€, de los que 1.400 se destinarán a modernización de regadíos, 560 a aumentar los recursos disponibles, y 400 a saneamiento y depuración. Las inversiones en modernización de regadíos y en depuración conseguirán reducir la carga de contaminación difusa de los cultivos y la contaminación puntual urbana, pero no la elevada contaminación de nutrientes de la ganadería.

Por otra parte, las inversiones para aumentar los recursos disponibles no parecen suficientes para lograr un incremento significativo de la capacidad de embalse en la cuenca. Una mayor capacidad de embalse contribuiría a la adaptación al cambio climático, para afrontar la reducción de entradas de agua en cuenca (entre -11% RCP4.5 y -26% RCP 8.5) y la mayor frecuencia e intensidad de las sequías.

#### **4. Las perspectivas de los recursos hídricos en España**

La degradación de la cantidad y calidad de los recursos hídricos es un problema global en las cuencas de los países, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. El crecimiento de la población y la riqueza en el mundo genera presiones adicionales sobre los ya tensionados recursos hídricos y sobre sus ecosistemas dependientes (Vörösmarty et al. 2010). Las proyecciones de los futuros impactos del cambio climático van a agudizar la escasez en las regiones áridas y semiáridas, dificultando aún más la gestión del agua.

En España, los impactos del cambio climático van a ser importantes. Las proyecciones indican reducciones en la disponibilidad de agua en las cuencas, junto a una mayor frecuencia e intensidad de las sequías. Las estimaciones de Cammalleri et al. (2020) señalan que los daños de sequía en España son los mayores de la UE, con unos costes anuales medios de 1.500 millones de euros en los sectores agrario, energético y de suministro urbano. Los daños futuros dependerán del aumento de la

temperatura por el calentamiento global, pero los daños podrían llegar a multiplicarse por cinco en un escenario de aumento de temperatura de 3°C (Feyen et al. 2020).

España posee una tradición institucional importante de acción colectiva de los usuarios de agua, plasmada en las confederaciones hidrográficas. Como se ha señalado con anterioridad, este enfoque institucional de cooperación de los usuarios es importante porque el agua puede tener características de bien público (agua en el medio ambiente), bien comunal (regadío y acuíferos) o bien privado (redes urbanas). Por otra parte, España ha llevado a cabo una amplia gama de iniciativas públicas y privadas para la gestión del agua, que incluyen inversiones considerables en plantas de depuración y saneamiento, en modernización de regadíos y en desalación de agua de mar, por lo que es el país europeo líder en uso de agua desalada y en reutilización de aguas residuales tratadas. Estas iniciativas han permitido desarrollar un potente sector industrial del agua, con empresas punteras en tecnologías de agua que compiten a nivel internacional en la construcción de infraestructuras de agua.

Ahora bien, la sostenibilidad de los recursos hídricos solo puede lograrse con intervenciones políticas adecuadas que permiten una mejor gestión de los recursos. Se pueden distinguir dos enfoques diferentes para la gestión de la escasez de agua. Un primer enfoque se basa en los instrumentos económicos mediante precios o mercados de agua, y un segundo enfoque se basa en la organización institucional de la cooperación de los grupos de interés para lograr la acción colectiva.

Los instrumentos económicos precios del agua y mercados de agua son diferentes, con unos efectos muy distintos sobre el bienestar de los grupos de usuarios.<sup>12</sup> El precio del agua es un instrumento de política del tipo Pigou, donde las externalidades se internalizan subiendo los precios mediante impuestos. El mercado de agua es un instrumento de política de tipo Coase, basado en la privatización del recurso y las transacciones del mercado.

Australia y Chile son ejemplos de mercados de agua, y la Unión Europea ha potenciado los precios de agua como instrumento clave de gestión en la Directiva Marco del Agua. Los instrumentos económicos (precios y mercados) funcionan bien

---

<sup>12</sup> Ver los resultados de Kahil et al. (2016) al final de la página siguiente.

cuando el agua es un bien privado en el uso urbano, pero son poco adecuados cuando el agua es un bien público en el medio ambiente o un bien comunal en el regadío.

La utilización de los precios del agua en el regadío para gestionar la asignación de agua entre sectores es cuestionable. Bosworth et al. (2002) y Cornish y Perry (2003) muestran las dificultades de utilizar los precios del agua en el regadío, revisando la literatura y las experiencias sobre el terreno. Estos autores comprueban que la respuesta a los precios es mínima, y que las restricciones a las extracciones de agua en las zonas con escasez de agua se establecen con asignaciones de agua o racionamiento, y no con precios. También señalan que los mercados de agua son más efectivos que los precios para lograr asignaciones eficientes. Schierling y Treguer (2016) también señalan que la demanda de riego es precio-inelástica, por lo que pequeñas reducciones requieren fuertes aumentos de precios y elevadas pérdidas de renta para los agricultores.

La tarifa que pagan los agricultores por el canon de regulación y la tarifa de utilización del agua es 0.005 €/m<sup>3</sup>, mientras que los precios medios de agua que incluyen los costes de gestión de las comunidades de regantes están en torno a 0.07 €/m<sup>3</sup>. La tarifa y los precios son muy pequeños para alterar la demanda de agua, ya que los precios sombra del agua de riego son mucho mayores:<sup>13</sup> 0.90 €/m<sup>3</sup> para frutales, 0.70 €/m<sup>3</sup> para hortalizas, 0.15 €/m<sup>3</sup> para cultivos herbáceos, y hasta 5 €/m<sup>3</sup> en zonas de invernaderos (Baccour et al. 2023, Esteban y Albiac 2012). Por lo tanto, la administración tendría que aumentar en dos órdenes de magnitud la tarifa de 0,005 €/m<sup>3</sup> para que los precios del agua pudieran reducir la demanda. Además, serían enormes los desafíos técnicos y de información para llevar a cabo el proceso de tanteo por sector, localización y período de tiempo de los precios, de forma que se pudieran determinar los precios y las cantidades de equilibrio del agua a extraer y de los caudales ecológicos en los tramos de los ríos.

Para evaluar el instrumento precios, Kahil et al. (2016) han comparado en el Júcar los precios de agua en regadío con mercados de agua y con la actual cooperación institucional, como instrumentos alternativos para afrontar la escasez de agua. Los

---

<sup>13</sup> El precio sombra es el rendimiento económico que le genera al agricultor la utilización de una unidad de agua.

resultados muestran que el instrumento precios es muy perjudicial para los agricultores triplicando su pérdida de renta (-75% en relación al escenario sin sequía) con respecto a las pérdidas bajo cooperación institucional o mercados de agua (-25% ambos). Estos resultados demuestran que la cooperación institucional o los mercados de agua son mucho más económicamente eficientes y equitativos que los precios, y que la selección del instrumento precios genera costes desproporcionados para los agricultores que indefectiblemente llevarían al fracaso de la política.

En relación con los mercados de agua, la experiencia internacional muestra las dificultades de su puesta en funcionamiento, y los efectos negativos a terceros que pueden generar tanto sociales como medioambientales. En California, las transacciones de los mercados de agua son mínimas, ya que la utilización anual es de 50.000 hm<sup>3</sup> y solo se intercambian 2.000 hm<sup>3</sup>. Además, el estado de California utilizó un banco de agua en la sequía de principios de los años noventa, pero en las sequías de 2006-2017 y 2020-2022 no pudo ponerse en marcha el banco de agua por la oposición de las zonas potencialmente cedentes. Los fallos del mercado de agua por los efectos a terceros conducen a decisiones muy politizadas, y a un desarrollo muy limitado de los mercados.

Los mercados de agua más desarrollados son los de Chile y Australia, donde se observa que los efectos medioambientales son negativos por la caída de los caudales ecológicos. En Australia, la puesta en marcha del mercado de agua supuso un gasto de fondos públicos de alrededor de 15.000 millones de dólares australianos, en pagos a los estados para transferir la competencia del agua al gobierno federal, pagos a los agricultores para modernización de regadíos, y compras públicas de agua para aumentar los caudales ecológicos. En Chile, la presión de las extracciones se intenta controlar por la autoridad del agua, pero los resultados son claramente insuficientes.

En España, la legislación del agua se modificó en 1999 para introducir los intercambios de agua con importantes limitaciones y restricciones. En 2004 se crearon los centros de intercambio de derechos de agua en el Segura, Júcar y Guadiana para facilitar los intercambios durante los periodos de sequía. Sin embargo, los intercambios de agua son mínimos y ni siquiera durante los periodos de intensa sequía

han superado el 0,3% (100 hm<sup>3</sup>/año) de la utilización del agua en España.<sup>14</sup> El mercado del agua es un instrumento que puede flexibilizar el reparto de agua entre sectores y localizaciones, pero no debería sustituir la actual cooperación de los usuarios en las confederaciones.

Los trasvases de agua entre cuencas han sido objeto de intensos debates políticos y sociales entre territorios en los últimos 30 años, provocando fuertes movilizaciones sociales con efectos en los resultados electorales de las regiones cedentes y receptoras. Como muestran los caudales en desembocadura o frontera del cuadro 3, la única cuenca con caudal suficiente para realizar trasvases intercuenas es la cuenca del Ebro (9.000 hm<sup>3</sup>). Las cuencas del Duero y del Tajo tienen también caudales significativos, pero la disponibilidad de agua para trasvase queda reducida por el Convenio de la Albufeira que obliga a entregar a Portugal un caudal mínimo de 3.800 hm<sup>3</sup> en el Duero y 2.700 hm<sup>3</sup> en el Tajo. La consecuencia es que la disponibilidad de agua para trasvase se reduce a 3.360 hm<sup>3</sup> en el Duero (7160-3.800) y 2.520 hm<sup>3</sup> en el Tajo (5220-2.700) en un año medio. El convenio de la Albufeira es la razón por la que el Plan Hidrológico Nacional de 2001 planteara el trasvase únicamente desde el Ebro, a diferencia del Plan Hidrológico Nacional de 1993.

Esta disponibilidad de agua de 2.520 y 3.360 hm<sup>3</sup> en el Duero y Tajo deja poco margen para trasvases intercuenas. Las razones son: i) esta disponibilidad es un caudal medio de la serie, y como las sequías suelen afectar a la vez a la mayoría de las cuencas de la península, los trasvases quedarían comprometidos cuando son más necesarios en las cuencas receptoras (por lo que la desalación tendría ventajas no solo en costes, sino en disponibilidad durante las sequías); ii) el CEDEX (2017) señala que el cambio climático reducirá la disponibilidad de agua en el Duero y el Tajo entre el 14% (RCP 4,5) y el 25% (RCP 8,5),<sup>15</sup> y aumentará la frecuencia e intensidad de las sequías, impidiendo las exportaciones de agua; iii) las exportaciones de agua limitan la futura expansión de las actividades económicas de las cuencas cedentes, y también

---

<sup>14</sup> Por ejemplo, durante la sequía de 2006-2007 la Confederación del Júcar realizó una Oferta pública de adquisición de derechos y compró 27 hm<sup>3</sup> a un precio de 0,20 €/m<sup>3</sup>, y recibió otros 23 hm<sup>3</sup> de la Junta Central de Regantes de Mancha Oriental sin compensación económica. Esos 50 hm<sup>3</sup> representan el 3,2% de la utilización del agua en la cuenca del Júcar.

<sup>15</sup> Lo que supone una disminución de caudales de 1.200 hm<sup>3</sup> (RCP 4,5) y 2.100 hm<sup>3</sup> (RCP 8,5) en el Tajo, y de 1.700 hm<sup>3</sup> (RCP 4,5) y 3.000 hm<sup>3</sup> (RCP 8,5) en el Duero.

comprometen los beneficios medioambientales de los ecosistemas al reducir los caudales ambientales

Un trasvase desde el Ebro debería aportar recursos a las cuencas de mayor escasez: Júcar, Segura, Mediterránea Andaluza y Guadalquivir. El problema económico es que el coste de trasvase supera a partir de Alicante ( $0,56 \text{ €/m}^3$ ) el coste de desalación marina ( $0,50 \text{ €/m}^3$ ) (ver nota 4 en la sección 2.3), por lo que desde una perspectiva económica solo tendría sentido trasvasar unos  $200 \text{ hm}^3$  de agua a Castellón y Valencia, pero no a Alicante. La solución sin trasvase en Castellón y Valencia podría ser reducir las extracciones de agua de los cultivos menos rentables, como por ejemplo las extracciones del acuífero de Mancha oriental en el Alto Júcar, o las extracciones del regadío tradicional en el Bajo Júcar. Tampoco tendría sentido trasvasar agua del Ebro a las cuencas del Segura, Mediterránea Andaluza y Guadalquivir, porque el coste del trasvase se acerca a  $1 \text{ €/m}^3$  en el Segura y supera  $1 \text{ €/m}^3$  en las cuencas Mediterránea Andaluza y Guadalquivir.

Los promotores de los trasvases intercuenas argumentan que al aumentar la oferta en las cuencas receptoras se generan beneficios económicos a los que no se debe renunciar. Pero el problema de este argumento es que se ignoran los beneficios medioambientales que proveen los ecosistemas por los caudales ecológicos. Es necesario considerar los beneficios sociales, suma de los beneficios económicos y los beneficios medioambientales. Estos beneficios medioambientales son tan importantes como los beneficios de las actividades económicas. En el caso de la cuenca del Ebro los beneficios medioambientales se han estimado en 900 millones de euros, frente a 1.000 millones del regadío, 400 millones de la producción hidroeléctrica y 2.600 millones del suministro urbano (Baccour et al. 2023). Al incluir los beneficios medioambientales en la modelización multisectorial, la solución óptima supone aumentar los caudales en los tramos de los ríos, y no disminuirlos. La implicación es que un trasvase intercuenas disminuye el beneficio social de la cuenca cedente, por lo que una condición para los trasvases es que aumente el beneficio social conjunto de cuencas cedentes y receptoras. Otra condición es que el coste de trasvase sea menor que el coste de desalación marina en las cuencas receptoras del sur y sureste peninsular.

En todo caso, los grandes trasvases intercuenca no parecen la mejor solución para promover la gestión sostenible del agua en las cuencas. Estos trasvases favorecen a las cuencas en que los grupos de usuarios han llevado a cabo una expansión descontrolada de extracciones de agua, basadas en la ampliación de regadíos sin cobertura legal, que han provocado una severa degradación medioambiental. Por el contrario, perjudican a las cuencas en que los grupos de usuarios han conseguido una mayor sostenibilidad en el uso de los recursos, así como el mantenimiento de los caudales medioambientales.

El enfoque de gestión en España es la cooperación institucional en las confederaciones, donde se acuerda la reducción de extracciones superficiales por los usuarios en los periodos de escasez. Sin embargo, las extracciones subterráneas se mantienen o aumentan durante las sequías debido a la falta de control, excepto en algún caso como el acuífero de Mancha oriental. Los precios y mercados de agua pueden ser un incentivo para introducir flexibilidad en los procesos de decisión e implementación de la cooperación institucional, pero solo como medidas auxiliares bien diseñadas que potencien la acción colectiva de los grupos de usuarios. El estudio de Kahil et al. (2015) muestra el buen desempeño de la cooperación institucional en la cuenca del Júcar, ya que la actual cooperación consigue unos resultados similares en términos de beneficios privados de los sectores económicos, y consigue mejores resultados medioambientales, en comparación con un escenario de mercados de agua.

A pesar de este enfoque de cooperación institucional en España, las extracciones de agua en las cuencas han seguido aumentando. La situación de las confederaciones descrita en la sección anterior muestra que los planes de cuenca y las políticas nacionales y autonómicas no han conseguido revertir o reducir la progresiva escasez de agua en las cuencas. Esto muestra que la sociedad española y los responsables políticos priorizan la expansión de la oferta de agua sobre la protección de los recursos hídricos y los ecosistemas dependientes. Un ejemplo reciente es la propuesta de la ley de regadíos en Doñana para legalizar pozos ilegales en el entorno del parque, que agravaría aún más la degradación de los ecosistemas de Doñana. Otro ejemplo es la propuesta de interconexión de todas las cuencas mediante trasvases que plantea algún partido político, recuperando el fallido plan hidrológico de 1993.

La situación de escasez es grave en las cuencas del Segura, Júcar y Guadalquivir que se han convertido en cuencas casi cerradas, con muy poco caudal en desembocadura. La creciente escasez es consecuencia de la enorme expansión del regadío y la falta de control de la sobreexplotación de acuíferos en las confederaciones de estas cuencas.

Las soluciones para una gestión más sostenible del agua se han de tomar con el respaldo de los usuarios a nivel local, por lo que la tarea de organizar la cooperación recae sobre los responsables políticos y las organizaciones de la sociedad civil de las cuencas, con el apoyo del gobierno central. No solo es necesario reducir la presión sobre la escasez y la degradación de la calidad del agua, sino también conseguir la adaptación a los riesgos de cambio climático.

El quinto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático señala que el Mediterráneo es una de las regiones que soportará fuertes impactos negativos sobre sus recursos hídricos. En España, será necesario modificar en las próximas décadas las políticas de agua para hacer frente a la caída de disponibilidad de agua en las cuencas. Esto supone expandir la oferta de fuentes alternativas como la desalación marina y la reutilización de las aguas urbanas, como propone la Comisión Europea en apoyo del Pacto Verde Europeo y de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático. Pero la solución clave es reducir las extracciones de los sistemas hídricos, mediante políticas de reasignación de agua entre sectores y de protección medioambiental aumentando el caudal de los ríos.

La reasignación de agua entre sectores y la protección de los caudales medioambientales es un asunto clave ante el cambio climático. El estudio de Baccour et al. (2023) analiza el nexo agua, alimentación, energía y ecosistemas en la cuenca del Ebro ante el impacto del cambio climático. Las proyecciones muestran los efectos de distintas opciones de gestión, e indican la importancia de tener en cuenta los servicios de los ecosistemas en la elaboración de planes hidrológicos multisectoriales. La finalidad de estos planes es mejorar la seguridad de las actividades humanas y la biodiversidad, limitar la vulnerabilidad de los sectores, y controlar los costes de adaptación a los riesgos climáticos futuros. Este tipo de planes multisectoriales que incluyan los servicios de los ecosistemas deben estar disponibles en todas las cuencas,

para poder elaborar estrategias de gestión de agua sostenibles. Las estrategias deben incluir compensaciones para los grupos de usuarios que soporten pérdidas, de forma que las soluciones sean equitativas y logren la aceptación por los usuarios de las políticas de reasignación de agua entre los sectores económicos y medioambiental.

La reforma de las políticas de agua ha de estar guiada por estos planes mutisectoriales basados en el conocimiento científico, aunque la clave para su implementación viene dada por las prioridades de la sociedad en la elección de las alternativas de gestión. La experiencia reciente en las confederaciones muestra que los responsables políticos utilizan muchas veces el agua para conseguir ventajas electorales en el corto plazo, que empeoran las perspectivas de uso sostenible del agua a medio y largo plazo. Pero también hay en España experiencias de éxito en gestión sostenible, como es el caso del acuífero de Mancha oriental o de los esfuerzos de expansión de la desalación marina y de la reutilización del agua urbana. Por otra parte, España es un interesante banco de pruebas de estrategias de gestión y tecnologías de agua, con expertos e investigadores de primera línea, con empresas punteras del sector del agua, y con organismos de cuenca experimentados. Este capital humano, empresarial y social puede garantizar que se consiga el buen uso y la protección de los recursos hídricos en las próximas décadas.

### **Referencias bibliográficas**

- Albiac J., M. Hanemann, J. Calatrava, J. Uche, J. Tapia. 2006. The Rise and Fall of the Ebro Water Transfer. *Natural Resources Journal* 46: 727-757.
- Albiac J., J. Tapia, A. Meyer, M. Hanemann, M. Mema, J. Calatrava, J. Uche, E. Calvo. 2008. Los Problemas Económicos de la Planificación Hidrológica. *Revista de Economía Aplicada* 47: 25-50.
- Baccour S., J. Albiac, F. Ward, T. Kahil, E. Esteban, D. Crespo. 2021. Hydroeconomic modeling for assessing water scarcity and agricultural pollution abatement policies in the Ebro River Basin, Spain. *Journal of Cleaner Production* 327, 129459.
- Baccour S., J. Albiac, F. Ward, T. Kahil, E. Esteban, J. Uche, E. Calvo, D. Crespo. 2023. Managing climate risks: New evidence from integrated analysis at the basin scale. *Water Resources Management* (en revisión). Disponible en: <https://www.researchsquare.com/article/rs-3160294/latest>

- Bosworth B., G. Cornish, C. Perry, F. van Steenberg. 2002. Water charging in irrigated agriculture: Lessons from the literature. Report OD 145. HR Wallingford. Wallingford. Reino Unido.
- Cammalleri C., G. Naumann, L. Mentaschi, G. Formetta, G. Forzieri, S. Gosling, B. Bisselink, A. De Roo, L. Feyen. 2020. Global warming and drought impacts in the EU. Publications Office of the European Union. Luxemburgo.
- CEDEX. 2017. Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España. Informe Final. Centro de Estudios Hidrográficos. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. MAPAMA. Madrid.
- CHD. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Duero 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Duero. MITECO. Valladolid.
- CHE. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Ebro. MITECO. Zaragoza.
- CHGN. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Guadiana. MITECO. Badajoz.
- CHGQ. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. MITECO. Sevilla.
- CHJ. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Júcar. MITECO. Valencia.
- CHT. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Tajo. MITECO. Madrid.
- CHS. 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Segura 2022-2027. Confederación Hidrográfica del Segura. MITECO. Murcia.
- Cornish G., C. Perry. 2003. Water charging in irrigated agriculture: Lessons from the field. Report OD 150. HR Wallingford. Wallingford. Reino Unido.
- Esteban E., J. Albiac. 2011. Groundwater and ecosystems damages: Questioning the Gisser–Sánchez effect. *Ecological Economics* 70 (11): 2062-2069.
- Esteban E., J. Albiac. 2012. The problem of sustainable groundwater management: The case of La Mancha aquifers, Spain. *Hydrogeology Journal* 20: 851–863.
- ESYRCE. 2022. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. Análisis de los Regadíos en España. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. MAPA. Madrid.
- Eurostat. 2022. Water statistics. Oficina Europea de Estadística. Comisión Europea. Luxemburgo.
- Feyen L., J. Ciscar, S. Gosling, D. Ibarreta, A. Soria (eds.). 2020. Climate change impacts and adaptation in Europe. JRC PESETA IV final report. EUR 30180EN. Publications Office of the European Union. Luxemburgo.
- Grafton R., J. Williams, C. Perry, F. Molle et al. 2018. The paradox of irrigation efficiency. *Science* 361 (6404): 748–750.

- Hernández N., L. Martínez, M. Llamas, E. Custodio. 2010. Groundwater in the Southern Member States of the European Union: an assessment of current knowledge and future prospects. Country report for Spain EASAC Policy Report. European Academies Science Advisory Council. Halle.
- INE. 2022. Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua. Año 2020. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.
- Kahil T., A. Dinar, J. Albiac. 2015. Modeling water scarcity and droughts for policy adaptation to climate change in arid and semiarid regions. *Journal of Hydrology* 522: 95-109.
- Kahil T., J. Albiac, A. Dinar, E. Calvo, E. Esteban, L. Avella, M. García-Molla. 2016. Improving the Performance of Water Policies: Evidence from Drought in Spain. *Water* 8 (34).
- Mejías M. 2004. Evolución piezométrica de la unidad hidrogeológica 04.04. Mancha occidental y del entorno del parque de las Tablas de Daimiel. Informe número 4. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- MIMAM. 2000. Libro blanco del agua en España. Dirección General de Obras Hidráulicas. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MITECO. 2021. Plan Nacional de Depuración y Saneamiento. Dirección General del Agua. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid.
- MOPT. 1993. Plan Hidrológico Nacional. Memoria y Anteproyecto de Ley. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.
- Pérez Blanco D., L. Gil, P. Saiz. 2021. An actionable hydroeconomic decision support system for the assessment of water reallocations in irrigated agriculture. A study of minimum environmental flows in the Douro River Basin, Spain. *Journal of Environmental Management* 298, 113432.
- Pérez Martín M., A. Batan, P. Del-Amo, S. Moll. 2015. Climate Change Impact on Water Resources and Droughts of AR5 Scenarios in the Júcar River, Spain. En J. Andreu, A. Solera, J. Paredes, D. Haro, y H. Van Lanen (eds.), *Drought: Research and Science-Policy Interfacing*. CRC Press/Bakelma. Leiden.
- Scheierling S., D. Treguer. 2016. Investing in adaptation: The challenge of responding to water scarcity in irrigated agriculture. *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review Special Issue*: 75-100.
- Trasagua. 2003. Proyecto de las Transferencias Autorizadas por el Artículo 13 de la Ley 10/2001 de 5 de Julio (Plan Hidrológico Nacional) y Estudio de Impacto Ambiental. Trasagua. Madrid.
- Uche J., A. Valero, J. Albiac, J. Tapia, A. Meyer. 2003. Alegaciones al Proyecto de Transferencias Autorizadas por la Ley del Plan Hidrológico Nacional y Estudio de Impacto Ambiental. Documento de Trabajo 03/03. CIRCE-Unidad de Economía Agraria CITA. Zaragoza.

Vörösmarty C., P. McIntyre, M. Gessner et al. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555–561.

Ward F., M. Pulido-Velazquez. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *PNAS* 105 (47): 18215-18220.

WWF. 2012. El fiasco del agua en el Alto Guadiana. Informe 2012. Programa de Aguas Continentales. WWF España. Madrid.