

Retos de la planificación hidrológica y la aplicación de la Directiva Marco del Agua en la cuenca del Guadiana

Irene Blanco Gutiérrez^{1,2}, Paloma Esteve^{1,2} y Consuelo Varela Ortega^{1,2}

1. Departamento de Economía Agraria, Estadística y Gestión de Empresas. Universidad Politécnica de Madrid.

2. Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales

ESTADO DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y DE LA APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN ESPAÑA

La Directiva Marco del Agua (DMA) (CE, 2000) ha supuesto un importante salto cualitativo en la política del agua europea y española, a través de la introducción del concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y de una perspectiva fundamentalmente medioambiental en cuanto a la planificación de cuencas hidrográficas. Este nuevo enfoque ofrece importantes oportunidades para una gestión más eficiente y sostenible de los recursos hídricos pero plantea también importantes retos, tanto para las autoridades en esta materia como para los usuarios del agua.

La DMA constituye el marco común europeo para la gestión del agua y marca las directrices fundamentales que han de guiar la planificación y la gestión de los recursos hídricos en los Estados miembros. El objetivo de la DMA es alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua en las cuencas europeas en el año 2015, aunque establece distintos plazos hasta

el año 2027 en caso de que existan impedimentos para lograr este objetivo.

La adopción de la DMA en el año 2000 introduce elementos novedosos en la gestión del agua que hasta entonces no se habían considerado de forma generalizada. En primer lugar, la Directiva establece la cuenca hidrográfica como la unidad básica para la planificación y la gestión del agua, y requiere a los Estados miembros la elaboración de Planes de Gestión de Cuenca (Planes Hidrológicos), de programas de medidas y actuaciones coordinadas que contribuyan a la consecución de los objetivos medioambientales en el conjunto de la cuenca (artículo 3). Otro elemento innovador de la DMA es la consideración de principios e instrumentos económicos para la gestión del agua (artículo 9). El texto considera la idoneidad de los instrumentos económicos dentro de los programas de medidas y establece la recuperación de los costes del agua basada en el principio de quien contamina paga. En línea con esto, la Directiva requiere a los Estados miembros que garanticen un sistema de precios del agua que incentive el uso eficiente de los recursos y que contribuya a la consecución de los objetivos



ambientales. Para ello, es necesario realizar un análisis económico de los usos del agua en cada cuenca, tal y como se especifica en el artículo 5 de la Directiva. Además, de acuerdo con el artículo 11 de la Directiva, la elección de las medidas de gestión debe realizarse en base a un análisis coste-eficacia que permita identificar aquellas que puedan lograr los objetivos de la DMA con un menor coste. Por último, cabe destacar la voluntad de la DMA de implicar a todas las partes interesadas en los procesos de elaboración y revisión de los planes de cuenca a través de mecanismos de participación pública activa, tal y como se recoge en el artículo 14.

El proceso de aplicación de la DMA en España se inició con la trasposición de la Directiva a la legislación española en el año 2003. A partir de este momento, las distintas Confederaciones Hidrográficas iniciaron un proceso de elaboración de los nuevos Planes Hidrológicos de Cuenca siguiendo los requisitos establecidos por la Directiva en cuanto a la definición de las demarcaciones hidrográficas, la elaboración de los informes incluidos en el artículos 5 y la elaboración del registro de zonas protegidas que

establece el artículo 6. Posteriormente, en línea con la Instrucción de Planificación Hidrológica aprobada en 2008, las Confederaciones Hidrográficas llevaron a cabo el proceso de desarrollo de los planes hidrológicos estableciendo para ello procesos de participación pública activa durante la elaboración de los planes. Sin embargo, la tardía transposición de la DMA a la legislación española, los conflictos en la interpretación y aplicación de algunos de los requisitos de la Directiva y las dificultades para llevar a cabo procesos participativos abiertos y activos en un ámbito en el que nunca antes se habían aplicado, produjo importantes retrasos en la finalización y aprobación de los planes hidrológicos, que debían haberse aprobado en el año 2009. En la práctica estos planes se adoptaron, en la mayoría de cuencas intercomunitarias, en el año 2013.

Este importante retraso con respecto a los plazos originalmente establecidos por la Directiva se recoge en el “Tercer Informe sobre la Aplicación de la Directiva Marco del Agua – Planes de Cuenca” elaborado por la Comisión Europea en 2012 (CE, 2012a), en el que España aparece, junto

Foto 1. Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Foto: C. Valdecantos. Fototeca CENEAM. OAPN.

con Bélgica, Grecia y Portugal, entre los países que no han adoptado los Planes de Cuenca tal y como establecía la Directiva. Este informe, al igual que el Plan para Salvaguardar los Recursos Hídricos de Europa (CE, 2012b), identifica importantes debilidades en la aplicación de la DMA en Europa y especialmente en el marco de los nuevos planes de cuenca entre las que destacan (i) la insuficiente coordinación de políticas de distintos ámbitos sectoriales y la insuficiente integración de los objetivos medioambientales de la DMA en las legislaciones existentes en los Estados Miembros; (ii) la débil involucración de los grupos de interés en procesos participativos proactivos y la falta de transparencia de estos procesos; (iii) la incompleta aplicación de los regímenes de caudales ambientales; (iv) la falta de información e integración del cambio climático en los planes de cuenca; y (v) el poco progreso en la aplicación de políticas de precios de acuerdo con lo establecido en la Directiva y en especial con respecto a la recuperación de costes ambientales y del recurso.

Además de los problemas comunes para la aplicación de la Directiva en todas las cuencas comunitarias, los países del sur de Europa, y especialmente los países mediterráneos de mayor aridez como España, afrontan retos adicionales. El planteamiento de la DMA, fundamentalmente guiado por aspectos de sostenibilidad ecológica hace especialmente difícil el cumplimiento de la Directiva en países en los que la calidad del agua está íntimamente relacionada con problemas de cantidad y de competencia por el uso escaso del recurso. En estas regiones, en las que el regadío es el principal usuario del agua, la aplicación de la DMA podría suponer una importante reducción del uso de agua para riego, lo cual podría conducir a problemas de abandono de la tierra e importantes impactos económicos en las zonas rurales más vulnerables (Blanco-Gutiérrez *et al.*, 2013; Esteve, 2013).

Un caso emblemático para estudiar los efectos de la aplicación de la DMA en este contexto es la cuenca del Guadiana en España. El Guadiana es una de las cuencas hidrográficas más grandes de la Península Ibérica y más complejas en

cuanto a conflictos existentes entre la protección de los ecosistemas acuáticos y el mantenimiento de las actividades económicas y de los medios de vida rurales que dependen del agua. Este estudio analiza el estado de la planificación hidrológica en la Demarcación Hidrográfica del Guadiana y evalúa los efectos de la aplicación de la DMA durante el primer ciclo de planificación (2009-2015) en base a cuatro aspectos claves: (i) la modernización de regadíos; (ii) la recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua; (iii) la implantación de caudales ecológicos; y (iv) el cambio climático. Para ello, los autores se basan en los trabajos realizados durante los últimos años en la cuenca del Guadiana en el marco de los proyectos europeos NeWater¹, SCENES² y MEDIATION³.

ESTUDIO DE CASO: LA CUENCA DEL GUADIANA

El río Guadiana es el cuarto río más largo de la Península Ibérica con 744 km. Su cuenca se extiende a lo largo de 67077 km² compartidos en un 83% por territorio español (55457 km²) y en un 17% por territorio portugués (11620 km²) (CHG, 2008). Este estudio se centra únicamente en la parte española de la cuenca, denominada demarcación hidrográfica del Guadiana.

La demarcación hidrográfica del Guadiana abarca tres Comunidades Autónomas (Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía), 8 provincias (Ciudad Real, Albacete, Toledo, Cuenca, Badajoz, Cáceres, Córdoba y Huelva) y 473 municipios, la mayoría de ellos de menos de 100 hab/km² y, por tanto, rurales según el criterio de Eurostat (CHG, 2008).

¹ NEWATER (New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty). 6º Programa Marco de Investigación de la Comisión Europea, Proyecto nº 511179-2. 2005-2009. <http://www.newater.uni-osnabrueck.de/>

² SCENES (Water scenarios for Europe and for Neighbouring States). 6º Programa Marco de Investigación de la Comisión Europea, Proyecto nº 036822. 2007-2011. <http://www.1stcellmedia.de/customer/uni/cms/>

³ MEDIATION (Methodology for Effective Decision-making on Impacts and Adaptation). 7º Programa Marco de Investigación de la Comisión Europea, Proyecto nº 244012. 2010-2013. <http://www.mediation-project.eu/>

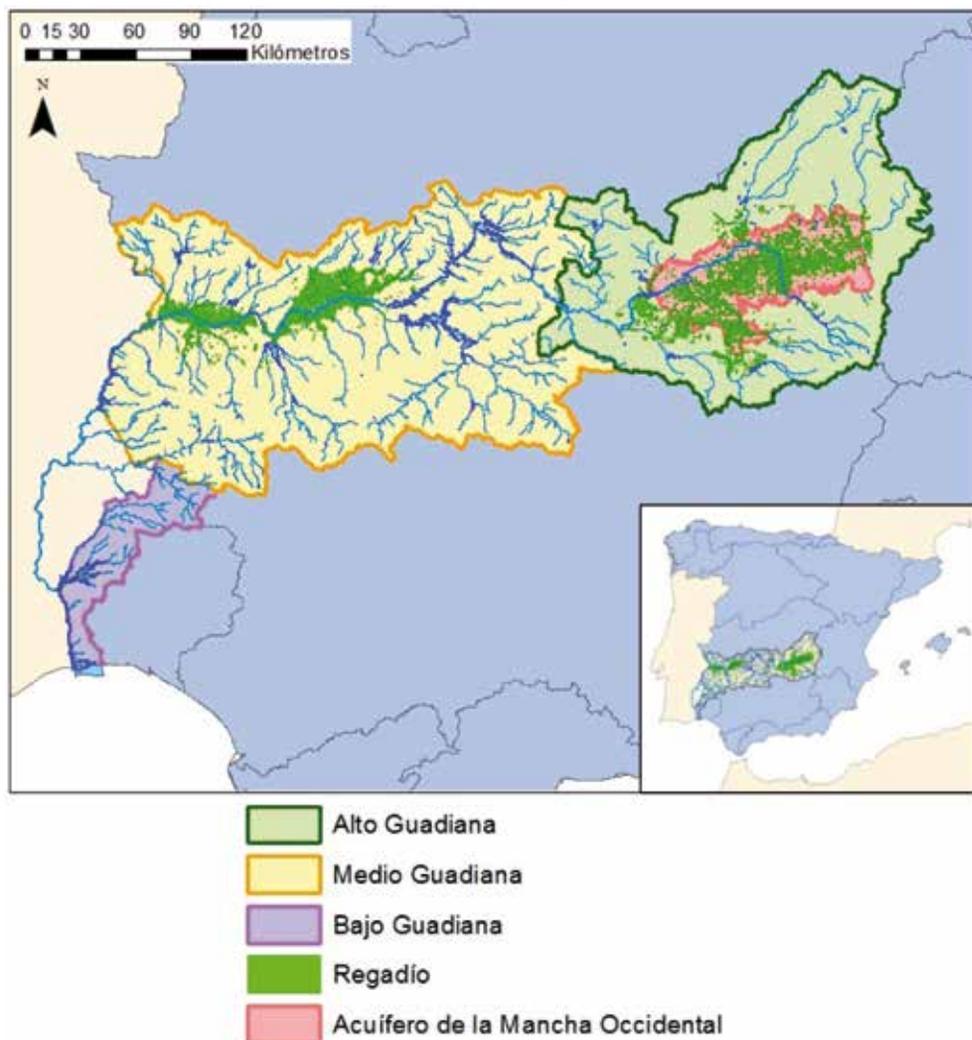
El clima corresponde al tipo Mediterráneo-continental, caracterizado por temperaturas extremas, muy bajas en invierno y altas en verano, y precipitaciones escasas, particularmente en el periodo estival. El nivel de precipitación anual de unos 500 mm/año junto con una evaporación total anual de entre 800 y 1000 mm al año, determinan un régimen de humedad de tipo semiárido-subhúmedo en toda la cuenca (CHG, 2007).

Atendiendo a la morfología del río y a la red de drenaje superficial, se distinguen claramente tres partes en la cuenca: la parte alta (23004 km², situada fundamentalmente en Ciudad Real), la parte media (29402 km², casi en su totalidad dentro de la provincia de Badajoz), y la

parte baja del Guadiana (3051 km², en Huelva) (Figura 1).

La parte alta de la cuenca contiene suelos muy permeables que favorecen la desaparición de las corrientes superficiales y la formación de grandes masas de agua subterráneas, la más importante la UH 04.04, más conocida como Acuífero de la Mancha Occidental. El afloramiento en superficie de las aguas subterráneas ha favorecido la aparición de numerosos humedales de alto valor ecológico que constituyen la llamada “Mancha Húmeda”, declarada Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 1982. Además, algunos de esos humedales están incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de RAMSAR, des-

Figura 1. La Demarcación Hidrográfica del Guadiana



tacando principalmente el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Foto 1).

Claramente distintiva de la parte alta de la cuenca, la parte media (y la baja) está conformada por una extensa red de ríos superficiales, la mayoría de los cuales están regulados a través de grandes presas y embalses, lo que convierte al Guadiana en el río más regulado de Europa. Solo el Guadiana medio consta de 43 presas mayores de 1 Hm³ con una capacidad de embalse de 7900 Hm³ (el 85% de la capacidad total de embalse de la cuenca) (CHG, 2008).

A pesar de la alta capacidad de embalse de la cuenca, el Guadiana presenta indicios de estrés hídrico. Las extracciones totales de agua representan el 48% de los recursos hídricos disponibles. La agricultura de riego consume un 92% (3189 Hm³/año) de la demanda total de agua, muy por delante del uso urbano 6% (233 Hm³/año) e industrial 1% (17 Mm³) (CHG, 2007). Esta situación de estrés hídrico podría agravarse en un futuro como consecuencia del cambio climático. Varios estudios indican un aumento en la frecuencia y duración de las sequías, una reducción del 11% en la disponibilidad de recursos hídricos en 2030, y un incremento importante de las necesidades netas de riego de los cultivos (Moreno, 2005; Varela-Ortega *et al.*, 2014).

Al igual que ocurre en otras cuencas semi-áridas, el riego ha sido una pieza fundamental en el desarrollo socio-económico de la región. Las transformaciones en regadío iniciadas en los años 60 han supuesto para muchos agricultores de la zona la supervivencia económica. Una hectárea de regadío produce, por término medio, unas seis veces lo que una hectárea de secano y genera una renta cuatro veces superior, lo que explica que muchos agricultores hayan podido aumentar su producción y renta agraria gracias al regadío. Del mismo modo, el regadío ha contribuido decisivamente a la creación de empleo y a la fijación de la población en el medio rural. De hecho, los grandes núcleos de población en la cuenca del Guadiana (Manzanares, Alcázar de San Juan, Mérida, y Badajoz) se encuentran en áreas adyacentes a tierras rega-

das, en la Mancha en la parte alta de la cuenca y en las fértiles 'Vegas' de la parte media del Guadiana. La expansión del regadío, sin embargo, ha ocasionado también importantes trastornos ambientales. La falta de control gubernamental y el excesivo uso de agua subterránea para fines agrícolas ha dado lugar a la sobrexplotación de acuíferos (Acuífero de La Mancha Occidental y Campo de Montiel) y a la degradación y casi desaparición de los humedales de las Tablas de Daimiel (Blanco-Gutiérrez *et al.*, 2011). Además, la gran cantidad de fertilizantes y fitosanitarios que utilizan los cultivos en regadío ha contribuido de manera importante a la contaminación difusa de las masas de agua. Asimismo, la construcción de presas para el desarrollo de regadíos ha propiciado una importante alteración del régimen natural de los ríos y la alteración de hábitats y paisajes fluviales (Blanco-Gutiérrez *et al.*, 2013).

El cumplimiento de la Directiva Marco del Agua (DMA) en la cuenca del Guadiana presenta, por tanto, retos importantes. Por una parte, la gestión a nivel de cuenca (ámbito territorial en el que se han de aplicar los nuevos planes hidrológicos) deberá tener en cuenta las distintas particularidades de las cuencas alta y media/baja del Guadiana. Por otra parte, alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua (objetivo fundamental de la DMA) parece exigir la reducción del consumo de agua de riego, lo que levanta importantes recelos debido a su importancia política, social y económica.

Regadíos y modernización

Históricamente, el regadío se ha abordado desde una visión principalmente de mejora de garantía en el suministro de las demandas, programando actuaciones de modernización que permitiesen reducir la brecha entre la oferta y la demanda de agua.

El desarrollo del riego en la cuenca del Guadiana comenzó a principios de los años 60 y 70 como respuesta, por una parte, a las grandes obras hidráulicas y avances tecnológicos impulsados en la época y, por otra, entre los años 80



Foto 2. Cultivo de arroz, riego por inundación.



Foto 3. Cultivo de trigo, riego por aspersión.

y 90, a los incentivos monetarios proporcionados por la Política Agrícola Común (PAC) de la Unión Europea que favorecían la producción de cultivos de regadío con altos rendimientos. Mientras en la parte alta del Guadiana el desarrollo del regadío se produjo fundamentalmente mediante iniciativa privada, en la parte media del Guadiana este desarrollo fue promovido por ambiciosos planes públicos basados en la creación y transformación de regadíos y la colonización de zonas rurales (Varela-Ortega *et al.*, 2011). En cualquier caso, la evolución de la PAC en estos últimos 40 años ha condicionado de manera importante los cambios de cultivo y sistemas de riego empleados en la zona. La explotación intensiva de cereales de regadío (maíz, arroz, cebada, trigo) predominó durante los años 80 y 90 como consecuencia de la

vinculación de las ayudas a la producción y de los elevados precios de garantía otorgados a los cultivos herbáceos (cereales, oleaginosas y proteaginosas). Las sucesivas reformas de la PAC (la Reforma Intermedia de 2003 y el Chequeo Médico de 2009) consolidaron el desacoplamiento de las ayudas, mediante los pagos por superficie y pagos por explotación, e impulsaron una agricultura más competitiva, medioambientalmente sostenible y orientada al mercado. En respuesta a estos cambios, el cultivo de cereales (fotos 2 y 3) en la cuenca del Guadiana ha ido progresivamente sustituyéndose durante los últimos años por el cultivo de frutales (perales, melocotoneros y ciruelos), viñedos, olivos y cultivos hortícolas (tomate, melón) (fotos 4 y 5), más rentables económicamente y muy bien adaptados a sistemas de riego a presión (Scott *et al.*, 2014).



Foto 4. Plantación de frutales, riego por goteo.



Foto 5. Plantación de tomate, riego por goteo.

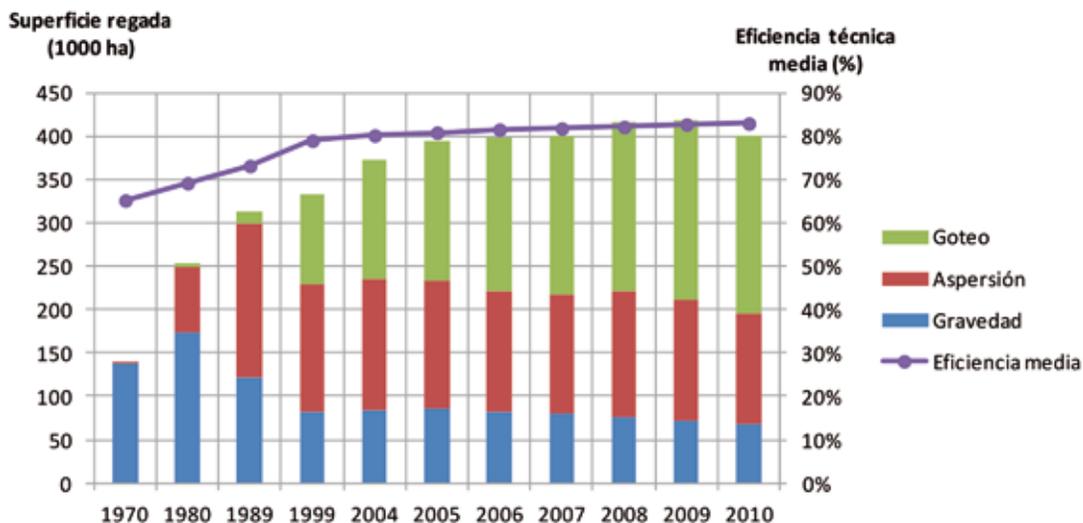
La modernización del regadío también ha sido impulsada por políticas y planes nacionales, principalmente el Plan Nacional de Regadíos (PNR) (2002-2008), reforzado con el Plan de Choque de Modernización de Regadíos (2006-2008). Durante el periodo de actuación de estos planes, 2000-2008, se invirtieron 600 millones de euros para modernizar (mejorar de los sistemas de almacenamiento, revestimientos de los canales y sistemas de riego en parcela) 185 000 ha (un 45% de la superficie total de riego) en la cuenca del Guadiana, en su mayoría en la parte media menos tecnificada.

Actualmente, tal y como se observa en la figura 2, más del 80% de la superficie de riego en el Guadiana (331 574 ha) se cultiva bajo sistemas de riego a presión (por aspersión o goteo). Sin embargo, al igual que ha ocurrido en otras partes de España, el agua ahorrada con la modernización y la mejora de la eficiencia técnica en uso del agua no se ha destinado a asegurar el buen estado de las masas de agua como establece la DMA (López-Gunn *et al.*, 2013; Scott *et al.* 2014). La Agencia Estatal de Evaluación de las Políticas Públicas y Calidad de los Servicios, estima que el ahorro de agua en la cuenca del Guadiana ha sido de 243 Hm³/año durante el periodo 2002-2006 y de 94 Hm³/año durante

2006-2008 (AEVAL, 2010). Pero advierte que ese ahorro ha sido utilizado en su mayoría para aumentar la superficie de riego (de 332 190 ha en 2000 a 400 431 en 2010, ver figura 2), apoyar la diversificación de cultivos y fomentar la producción de cultivos con un alto margen bruto (frutales y cultivos hortícolas).

La Estrategia Nacional para la Modernización Sostenible de los Regadíos Horizonte 2015 pretende dar continuidad al esfuerzo realizado en planificaciones anteriores respecto a la modernización de los regadíos existentes. Además, esta estrategia promueve, por primera vez, la conservación de ecosistemas naturales y reconoce la importancia de coordinar actuaciones para proteger y mejorar el estado ecológico de las masas de agua. La estrategia para la modernización de regadíos horizonte 2015 establece estrictos mecanismos de control de consumos de agua y contempla la revisión automática de la superficie real de riego y de las dotaciones tras la ejecución de una modernización, de modo que, en ningún caso, el agua ahorrada podrá utilizarse para aumentar la superficie de riego. Parte del agua ahorrada puede destinarse a asegurar parcialmente el suministro de agua y a mitigar los efectos de las sequías. Otra parte puede dirigirse a favorecer el buen estado ecológico de las ma-

Figura 2. Evolución de los sistemas de riego y de la eficiencia en el uso del agua en la cuenca del Guadiana de 1970 a 2010



Fuente: Basado en Scott *et al.* (2014).

sas de agua. Las actuaciones llevadas a cabo bajo esta estrategia en la cuenca del Guadiana abarcan la modernización de 120 000 ha con las que se espera conseguir un ahorro de agua de 100-150 Hm³/año (un 5% del consumo actual). Sin embargo, ese ahorro parece ser insuficiente para lograr, por sí mismo, el buen estado ecológico de las masas de agua a finales de año, tal y como establece la DMA.

Es importante recordar que toda modernización requiere la implementación de medidas técnicas, financieras e institucionales complementarias para asegurar un ahorro real en el uso del agua. Algunos estudios realizados en España, como el de Fuentes (2011), advierten de que el sistema actual de dotaciones y los bajos precios del agua, incentivan a los agricultores a consumir toda el agua recuperada por la modernización. El establecimiento de políticas de precios adecuadas que reflejen el verdadero valor del agua y fomenten la conservación del recurso, tal y como establece la DMA en su Artículo 9, deberían ser una prioridad en las agendas políticas de agua nacionales y regionales que ya incluyen procesos de modernización.

Los precios del agua y la recuperación de costes

Uno de los elementos de la DMA que más controversia genera, especialmente entre los regantes, es el principio de recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua que se introduce en el artículo 9 de la Directiva. Este principio exige que los Estados miembros garanticen un sistema de precios de agua que incentive el uso eficiente de los recursos y contribuya a la consecución de los objetivos medioambientales de la Directiva.

La recuperación de costes, que debe basarse en el análisis económico de los usos del agua en las cuencas hidrográficas (también requerido por la DMA) y en el principio de 'quien contamina paga', ha de incluir no solo los costes financieros (costes de capital asociados a las inversiones y costes de operación y mantenimiento) sino también los costes medioambientales y costes

del recurso (coste de escasez o coste de oportunidad asociado al uso del recurso).

El vigente Plan Hidrológico del Guadiana estima un nivel de recuperación de costes del 81% para toda la cuenca en el año 2005 (CHG, 2013). Sin embargo, la memoria del plan específica que de los costes recuperados el 100% corresponde a costes financieros del uso del agua, mientras que la recuperación de costes medioambientales y del recurso es nula. Por tanto, el análisis de los instrumentos para la recuperación de los costes no financieros y su introducción en los futuros planes de gestión constituyen actualmente un reto importante para las autoridades en la cuenca del Guadiana.

Con el fin de evaluar el impacto de un sistema de precios del agua que refleje el valor de escasez del recurso, Esteve (2007, 2013) y Blanco-Gutiérrez *et al.* (2011, 2013), realizaron un análisis basado en el uso de modelos agro-económicos, especificados para un conjunto de explotaciones tipo representativas del regadío en el acuífero de la Mancha Occidental en la cuenca alta del Guadiana y en distintas comunidades de regantes de la cuenca media. Estos modelos simulan el comportamiento de los agricultores, quienes buscan maximizar la rentabilidad de sus explotaciones bajo una serie de restricciones estructurales, técnicas, financieras y de política.

En el caso del Alto Guadiana, estos modelos se utilizaron para simular el efecto de una tarifa o precio de agua capaz de lograr un nivel de extracciones sostenibles, esto es, igual a la tasa natural de recarga del acuífero de la Mancha Occidental. Al tratarse del uso de aguas subterráneas para el regadío, al ser el agricultor el que realiza las inversiones necesarias para la construcción de los pozos e instalación de equipos de bombeo, los costes financieros se recuperan plenamente. Sin embargo, tratándose de un acuífero sobreexplotado, existe un coste medioambiental asociado que, en principio, no se está recuperando. Según los resultados del modelo (Esteve, 2007), la tarifa que lograría un nivel de extracciones sostenible correspondería a 8,35 cent. €/m³ y estaría ya internalizando el coste medioambiental aso-

ciado al uso del agua en este acuífero. Dado que los costes financieros o costes de extracción del agua se estiman en 6 cent. €/m³, el coste total del agua en el acuífero de la Mancha Occidental podría alcanzar los 14,35 cent. €/m³ (resultado de sumar los costes medioambientales y los costes financieros). De acuerdo con los resultados del modelo, la implementación de una tarifa equivalente, de 14,35 cent. €/m³, capaz de recuperar el coste total del agua en esta zona reduciría el consumo de agua alrededor de un 30% pero su aplicación produciría pérdidas de renta muy significativas, en torno al 35%.

El sistema de precios del agua analizado produce impactos considerables en la renta de los agricultores y generalmente más que proporcionales a la reducción en el consumo correspondiente, mientras que un sistema basado en la limitación de las dotaciones de agua, tal como el actual Régimen de Explotación del acuífero de la Mancha Occidental, puede lograr niveles similares de consumo a un coste menor. Sin embargo, el sistema de precios incentiva una asignación de los recursos económicamente más eficiente puesto que al subir los precios del agua, son las explotaciones más rentables, aquellas que obtienen una mayor productividad por metro cúbico de agua, las que continuarán regando sus cultivos. Este es el caso de las explotaciones de viña en el Alto Guadiana, que según el Régimen de Explotación para el Acuífero de la Mancha Occidental pueden extraer un máximo de 1500 m³/ha (tanto en los Planes anteriores a 2010, en que las dotaciones se otorgaban en función del tamaño de la explotación, como en los planes posteriores en que se asignan en función del cultivo). La rentabilidad del cultivo de la viña en esta zona aumenta muy significativamente gracias al riego, y por este motivo las explotaciones dedicadas a la producción de este cultivo leñoso, se beneficiarían de una política que gravase el consumo de agua en función del volumen (que no es muy elevado para este cultivo) en lugar de limitar el consumo máximo.

Si miramos a la cuenca media del Guadiana, los resultados del modelo indican que una tarifa de

5,5 cent. €/m³ sería suficiente para recuperar el coste financiero y el coste del recurso en esta zona (Esteve, 2013; Esteve *et al.* (en revisión). No obstante, el establecimiento de esta tarifa podría producir una reducción del consumo de agua (en este caso de origen superficial) de alrededor del 30% y una disminución del margen bruto de entre un 15% y un 25% según el tipo de explotación, siendo más significativa esta disminución en aquellas explotaciones con menor capacidad de adaptación. Los regantes de la comunidad tradicional de Montijo, dado que se abastecen de agua a través del Canal de Montijo y no tienen posibilidad de cambiar a sistemas de riego más eficientes, afrontarían pérdidas de renta mayores (en torno al 25%) derivadas de la sustitución de cultivos con altas necesidades de riego, como el maíz, por superficies de secano y cultivos de menor consumo como los hortícolas. En cambio, los agricultores de la Comunidad de Tomas Directas del Guadiana, altamente tecnificados y con mayor capacidad de adaptación, experimentarían una disminución del margen bruto de la explotación menor (alrededor del 15%).

En promedio, en la parte media del Guadiana, la disminución del margen bruto al aplicar una tarifa de recuperación de costes es menos que proporcional a la disminución en el consumo. Con un consumo por hectárea muy superior al de la parte alta de la cuenca, los agricultores de esta zona tienen una mayor capacidad de adaptación y de mejora en la eficiencia del uso del agua y necesitan hacer menores ajustes para disminuir su consumo. En el caso del Alto Guadiana, donde las dotaciones de agua son mucho más restrictivas, las explotaciones y sistemas de riego son ya muy eficientes en el uso del agua, y por tanto tienen un menor margen de ajuste.

Los caudales ecológicos

Uno de los aspectos más importantes en la transposición de la DMA a la legislación española ha sido la obligatoriedad de incluir en todos los planes hidrológicos de cuenca el establecimiento de caudales ecológicos, entendidos como demandas de agua necesarias para garan-

tizar el mantenimiento de la vida piscícola que habita de forma natural en el río, así como su vegetación de ribera. Los caudales ecológicos no tienen carácter de uso, sino que se consideran como una restricción impuesta a la explotación de los recursos hídricos. Si bien la DMA no recoge explícitamente el requerimiento de establecer regímenes de caudales ecológicos, la determinación de los mismos y su mantenimiento se consideran esenciales para alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua, objetivo fundamental de la DMA.

El método de cálculo para la determinación de los caudales ecológicos, así como las medidas a adoptar para facilitar su cumplimiento se han dejado a discreción de los distintos organismos de cuenca. Dada la complejidad intrínseca del proceso de establecimiento de caudales ecológicos y el gran número de masas de agua superficial que componen una cuenca hidrográfica, la mayoría de los organismos de cuenca han encargado estudios técnicos específicos para determinar los caudales ecológicos por tramos de río. En los casos en los que el cumplimiento de los caudales ecológicos limita o condiciona las asignaciones de usos, se obliga a los organismos de cuenca a abrir un proceso de concertación y negociación con todos los actores afectados.

En la elaboración del Plan Hidrológico del Guadiana 2009, se estudiaron 27 masas de agua y se identificaron un total de 19 tramos de ríos, particularmente alterados, siguiendo los pasos que indica la "Guía para la Determinación del Régimen de Caudales Ecológicos". La estimación de la distribución estacional de caudales mínimos se realizó aplicando métodos hidrológicos y ajustando los resultados mediante la modelación de la idoneidad del hábitat en tramos fluviales representativos de cada tipo de río; para detalles ver CHG (2009). Los resultados obtenidos indican que el caudal mínimo ecológico supone más de un 10% de la aportación natural en casi todos los tramos de río estudiados, en concreto un 13,64% de media (CHG, 2009).

Utilizando un modelo de simulación-optimización hidro-económico, Blanco-Gutiérrez *et al.*

(2013) analizan el impacto del mantenimiento de estos caudales mínimos en la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Los resultados obtenidos señalan que los caudales naturales aportados en los tramos de río de Lacara y Matachel II entre los meses de febrero y junio, y de Guadiana V entre julio y octubre podrían ser insuficientes para mantener los caudales mínimos estipulados en esos tramos de río. El estudio de Blanco-Gutiérrez *et al.* (2013) también señala que de exigirse el total cumplimiento de los caudales ecológicos mínimos, el agua disponible para otros usos podría reducirse, generando conflictos significativos entre usuarios. En cuanto a consumo urbano, la mancomunidad de Lácara (con 30000 habitantes) podría ser una de las afectadas con una reducción potencial de hasta el 38% en el suministro de agua. El impacto real, sin embargo, sería mucho menor puesto que el consumo de agua urbana tiene preferencia frente a cualquier otro uso, incluido el medioambiental. Las implicaciones para el consumo agrícola resultan más notables y realistas. El estudio anteriormente mencionado indica que algunas Comunidades de Regantes situadas en la parte alta de la cuenca media del Guadiana, en particular la Comunidad de Regantes de Canal de Orellana, podrían experimentar episodios significativos de insatisfacción de demandas, sobre todo durante el periodo estival. La implementación de los caudales ecológicos podría reducir la cantidad de agua por hectárea que se suministra a los regantes de Canal de Orellana en un 17% (1648 m³/ha) en un año normal, incluso un 40% (3877 m³/ha) en un año climático seco. La reducción del agua disponible para riego conllevaría una pérdida económica para los agricultores del orden de 117 €/ha, o 336 €/ha en un año seco, siendo las explotaciones de arroz las más afectadas. Las explotaciones más grandes y más modernas, con sistemas de riego a presión, podrían adaptarse mejor ante una posible situación de recorte en el suministro de agua. Por ejemplo, las explotaciones situadas en la Comunidad de Regantes de Zújar, altamente tecnificadas, tendrían cierta facilidad para reemplazar los cultivos de arroz por otros menos consumidores de agua y más rentables, como los frutales y el olivar. En esta zona, la productividad del agua de riego podría incluso

incrementar de 0,244 €/m³ a 0,263 €/m³, lo que demuestra que, en algunos casos, la aplicación de la DMA y la implementación de los caudales ecológicos podrían contribuir no solo a restaurar los ecosistemas acuáticos sino también a aumentar la productividad económica del agua de riego.

Cambio climático

La DMA requiere que los Estados miembros tomen en consideración posibles escenarios futuros de oferta y demanda de agua y, por tanto, incorporen el efecto del cambio climático en el desarrollo de los planes hidrológicos de cuenca. Por su parte, el Plan para Salvaguardar los Recursos Hídricos de Europa (CE, 2012b) señala que la gran incertidumbre que rodea al cambio climático no puede ser excusa para no adoptar medidas concretas que faciliten la adaptación al cambio climático y aumenten la resiliencia de las cuencas hidrográficas. Sin embargo, esta incertidumbre, unida a la diferente escala temporal a la que se enfrentan los procesos de planificación hidrológica (horizontes de 5 años) y el cambio climático (horizontes de 100 o más años), hacen que hasta ahora el cambio climático solo se haya abordado de forma tangencial en los planes hidrológicos de cuenca.

Los análisis llevados a cabo por Esteve (2013) y Esteve *et al.* (en revisión) de los impactos del cambio climático en la cuenca media del Guadiana indican, no obstante, la necesidad de empezar a adaptar las demandas de agua, infraestructuras y políticas a una futura reducción de la disponibilidad de agua y un aumento de las demandas del regadío. El análisis de los impactos del cambio climático en los cultivos muestra que, en los escenarios más severos de cambio climático (A2), las necesidades de riego de los cultivos en la cuenca media del Guadiana podrían aumentar en torno a un 20% e ir acompañadas de una reducción de rendimientos del alrededor del 8% en el periodo 2040-2070 si no se produce una adaptación de los sistemas de cultivo.

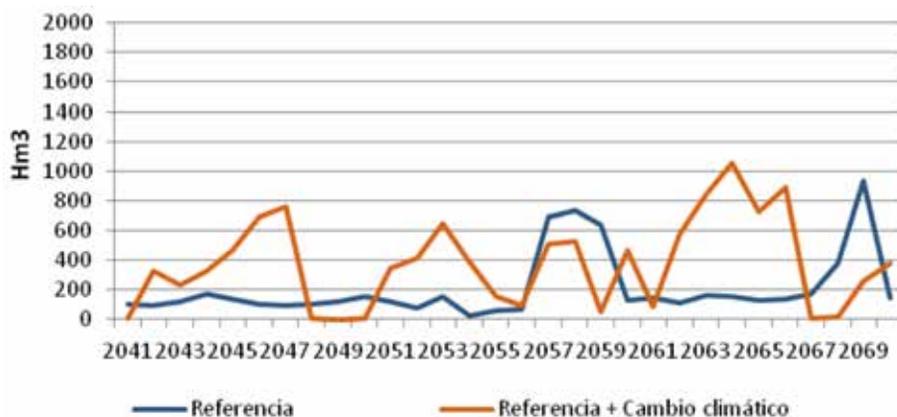
Utilizando un modelo hidro-económico para el análisis de los impactos del cambio climático en la cuenca media del Guadiana, Esteve

(2013) y Varela-Ortega *et al.* (2014) muestran que, para los escenarios más severos de cambio climático (A2), los flujos de agua en la cuenca podrían disminuir alrededor de un 15% en el periodo 2011-2040 y un 35% en el periodo 2041-2070. Además, estos estudios indican que la localización dentro de la cuenca, el almacenamiento de agua y las diferentes demandas resultan claves para explicar los distintos impactos que se producen en las comunidades de regantes. Por ejemplo, estos estudios señalan que las comunidades situadas en la zona de Vegas Altas (parte alta del Medio Guadiana) podrían ser más vulnerables al cambio climático y experimentar una menor garantía de suministro como consecuencia de las grandes demandas de agua que generan (especialmente ligadas al cultivo del arroz), a pesar de la gran capacidad de embalse de que disfrutan.

La figura 3 muestra como la disminución en la disponibilidad de agua junto con el aumento de las demandas por el incremento de las necesidades de riego de los cultivos, podría multiplicar el efecto de las sequías produciendo periodos de alta insatisfacción de las demandas. Esto hace evidente la necesidad de desarrollar y aplicar medidas de adaptación que mitiguen los efectos negativos del cambio climático.

El estudio de Esteve (2013) también analiza el efecto de determinadas medidas de adaptación al cambio climático, contenidas en la DMA y recogidas muchas de ellas en el Plan de Adaptación al cambio climático para los recursos hídricos de la Comunidad Autónoma de Extremadura (Junta de Extremadura, 2013), en el sector agrario de la cuenca media del Guadiana. Estas medidas son el mantenimiento de los caudales ambientales, la aplicación de tarifas de agua para recuperación de todos los costes del agua en la agricultura, y la modernización de regadíos tradicionales. Los resultados indican cómo en escenarios severos de cambio climático, la aplicación de las medidas de la DMA (caudales ambientales y tarifas de agua para la recuperación de costes) reduce significativamente el riesgo de insatisfacción de las demandas, aumentando la garantía de suministro

Figura 3: Insatisfacción de las demandas en la situación de referencia sin cambio climático y en un escenario severo de cambio climático (A2) sin adaptación de los agricultores. Periodo 2041-2070



Fuente: Basado en Varela-Ortega *et al.* (2014).

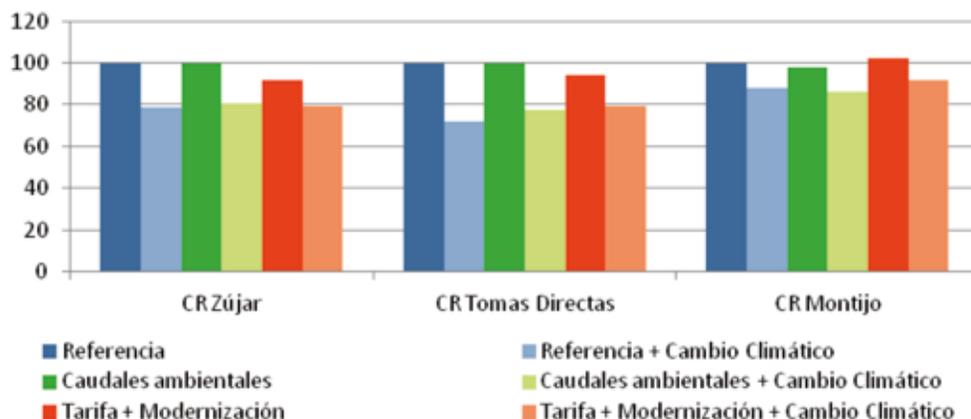
entre un 5 y un 12% en cada caso (en media para el conjunto de la cuenca). Asimismo, los resultados del análisis señalan, tal y como se muestra en la figura 4, que el coste para los agricultores de adaptarse al cambio climático (una menor disponibilidad de agua, mayores necesidades de riego y menores rendimientos de los cultivos), sería menor cuando se aplican las medidas de la DMA que cuando no se aplican. De esta forma, en escenarios de cambio climático severos, la disminución del margen bruto sin aplicación de las medidas de la DMA se situaría entre un 12% y un 28% (según la comunidad de regantes), mientras que con la aplicación de los caudales ambientales oscila-

rían entre el 14% y el 23%, y con la aplicación de la recuperación de costes y la modernización entre el 9% y el 21%.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La aplicación práctica de la DMA en España presenta retos importantes para la administración pública del agua. Al igual que otros países semiáridos del sur del Mediterráneo, España se enfrenta al difícil desafío de hacer compatibles los objetivos medioambientales y de calidad que establece la DMA, con objetivos tradicio-

Figura 4. Variación del margen bruto con respecto al escenario de referencia (%)



Fuente: Esteve, 2013.

nales de satisfacción en cantidad de las demandas. La incorporación de la DMA al ordenamiento jurídico español requiere, por tanto, un nuevo enfoque en la gestión de las aguas más integrado y sostenible. Los Organismos de Cuenca han hecho un importante esfuerzo por incorporar esta nueva perspectiva de la gestión del agua en los nuevos Planes Hidrológicos de Cuenca en España (ciclo 2009-2015), aunque una crítica generalizada es que su aprobación ha llegado tarde y, en muchos, casos de forma incompleta o inadecuada.

En este artículo se ha analizado el caso de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana por ser un caso emblemático de confrontación de objetivos de calidad y cantidad de agua, basada en la competencia entre usos ambientales y agrícolas. Además, la cuenca del Guadiana alberga una gran diversidad de masas de aguas (superficiales y subterráneas) y sistemas agrícolas que suponen un reto importante en la gestión integrada del agua. En definitiva, esta combinación de factores hace que la aplicación de la DMA en el Guadiana resulte especialmente desafiante y digna de análisis. Las evaluaciones preliminares del primer ciclo de planificación hidrológica en la cuenca parecen indicar que el objetivo básico de consecución del buen estado ecológico de las masas de agua para el año 2015 no va a alcanzarse, al menos, en el grado inicialmente esperado. No obstante, cabe destacar que se están realizando importantes trabajos y avances para conseguir la consecución de los objetivos de la DMA en el segundo ciclo de planificación hidrológica (2015-2021). El estudio realizado para este artículo pone de manifiesto cuatro aspectos fundamentales que deberían tenerse en cuenta en el siguiente ciclo de planificación hidrológica y que pueden resumirse como sigue:

- La agricultura de regadío es la mayor consumidora de agua y la gran competidora de los usos ambientales. Por tanto, la modernización y el ahorro de agua en el sector agrícola debería considerarse un objetivo prioritario. En los últimos años, el agua extra conseguida mediante la modernización de los regadíos (mejora de los sistemas de almacenamiento

de agua, revestimiento de los canales, técnicas de riego) se ha utilizado, en muchos casos, para aumentar la superficie de riego. Las nuevas políticas de agua y de modernización de regadíos deberán coordinarse para conseguir un ahorro real de agua, esto es, una reducción del volumen total de agua extraído para riego. Esto permitiría destinar parte del agua ahorrada a favorecer el buen estado ecológico de las masas de agua.

- Los precios de agua actuales no están permitiendo la recuperación de costes, en particular los ambientales y del recurso, de los servicios relacionados con el agua, tal y como establece la DMA. Los precios del agua deberían revisarse para fomentar un consumo más eficiente del agua de riego, aunque esto podría producir pérdidas importantes en la renta de los agricultores. En este sentido, es importante tener en cuenta que la implementación de tarifas de agua podría producir efectos distintos en las explotaciones agrarias. Las tecnologías disponibles y el tipo de gestión de la finca son factores claves, que determinan la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de los regantes a las tarifas. En particular, las explotaciones más tradicionales con sistemas de riego poco eficientes serían más vulnerables y, por tanto, podrían experimentar pérdidas económicas significativas. De nuevo, esto pone de manifiesto la importancia de coordinar las políticas de agua y el desarrollo de sus instrumentos con la modernización de los regadíos, tanto de las infraestructuras de distribución de agua como de los sistemas de riego en las explotaciones.
- El establecimiento de caudales ecológicos mínimos en la Demarcación Hidrográfica del Guadiana podría provocar conflictos con otros usos del agua, fundamentalmente agrícolas. Algunas comunidades de regantes de la parte de Vegas Altas (parte alta del Guadiana medio), ligadas al cultivo del arroz, podrían experimentar episodios significativos de insatisfacción de demandas, sobre todo durante el periodo estival. Esto pone de manifiesto como en una cuenca hi-

drográfica todos los usuarios del agua están conectados, y por tanto es importante que todos participen y estén involucrados en las instituciones del agua y en el desarrollo de planes de gestión hidrológica.

- La cuenca del Guadiana será una de las más afectadas de España por el cambio climático dentro de 50 años. Su gran capacidad de embalse podría no ser suficiente para mitigar los efectos de las sequías, previsiblemente más intensas y más frecuentes en el futuro. La reducción del agua disponible y el aumento de los requerimientos hídricos de los cultivos podrían agravar seriamente la presión sobre el sector agrícola, el uso de la tierra y los recursos hídricos, causando importantes pérdidas económicas a los agricultores. La aplicación de la DMA podría contribuir a la adaptación al cambio climático proporcionando un marco regulatorio e institucional capaz de promover la eficiencia en el uso del agua, la protección de los ecosistemas y la internalización del valor económico del agua como recurso escaso, pero no podría, por sí sola, mitigar los efectos negativos del cambio climático. La coordinación de políticas sectoriales y la coordinación de las administraciones públicas resulta imprescindible. ❀

BIBLIOGRAFÍA

- AEVAL (Agencia de Evaluación y Calidad) (2010). Evaluación de la gestión y funcionamiento de las Confederaciones Hidrográficas. Ministerio de la Presidencia, Madrid.
- Blanco-Gutiérrez, I., Varela-Ortega, C., Flichman, G. (2011). Cost-effectiveness of water conservation measures: A multi-level analysis with policy implications. *Agricultural Water Management* 98, 639-652 (doi:10.1016/j.agwat.2010.10.013).
- Blanco-Gutiérrez, I., Varela-Ortega, C., Purkey, D. (2013). Integrated assessment of policy interventions for promoting sustainable irrigation in semi-arid environments: A hydro-economic modeling approach. *Journal of Environmental Management* 128, 144-160 (doi: 10.1016/j.jenvman.2013.04.037).
- CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) (2011). Evaluación de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Dirección General del Agua. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadiana), 2007. Plan Especial de Sequías de la Cuenca del Guadiana. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural, y Marino, Badajoz.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadiana), 2008. Estudio general de la demarcación hidrográfica del Guadiana. Parte I. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural, y Marino, Badajoz.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadiana), 2009. Requerimientos de caudales ecológicos en la demarcación hidrográfica del Guadiana. Elaboración del Plan Hidrológico 2009 en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Programa de Medidas Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural, y Marino, Badajoz.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadiana), 2013. Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Badajoz.
- CE (Comisión Europea), 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Bruselas, 22.12.2000
- CE (Comisión Europea), 2012a. Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre la aplicación de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE). Planes hidrológicos de cuenca. COM (2012) 670 final. Bruselas, 14.11.2012.
- CE (Comisión Europea), 2012b. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa. COM (2012) 673 final. Bruselas, 14.11.2012.
- Esteve, P. (2007). Análisis de la gestión del agua en el Alto Guadiana: vulnerabilidad económica, social y medioambiental. Trabajo de Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Madrid.
- Esteve, P. (2013). Water scarcity and climate change impact and vulnerability in irrigation agriculture in Mediterranean river basins. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Esteve, P., Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., Downing, T.E. (en revisión). A hydro-economic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. *Ecological Economics* (en revisión)
- Fuentes, A. (2011). Policies Towards a Sustainable Use of Water in Spain. OECD Economics Department Working Papers, No. 840 (doi: 10.1787/5kgj3l0ggczt-en)
- López-Gunn, E., Zorrilla, P., Prieto, F., Llamas, M. R (2012). Lost in translation? Water efficiency in Spanish agriculture. *Agricultural Water Management* 108, 83-95.
- Moreno, J.M., 2005. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Informe final. Proyecto ECCE. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 840 pp.
- Scott, C., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F., Varela-Ortega, C. (2014). Irrigation efficiency and water-policy implications for river-basin resilience. *Hydrology and Earth System Sciences* 18, 1339-1348 (doi:10.5194/hess-18-1339-2014).
- Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., Esteve, P., Bharwani, S., Fronzek, S., y Downing, T.E. (2014). How can irrigation agriculture adapt to climate change? Insights from the Guadiana basin in Spain. *Regional Environmental Change* (DOI 10.1007/s10113-014-0720-y)
- Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., Swartz, H.S., Downing, T.E. (2011). Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: A hydro-economic modeling framework. *Global Environmental Change* 21, 604-619 (doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.12.001).