









# La economía del agua de riego en España

José A. Gómez-Limón

Javier Calatrava

Alberto Garrido

Francisco Javier Sáez

Àngels Xabadia

(Editores)



---

*La actividad de la Red ECORIEGO y la publicación de este libro han sido financiadas parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y el Fondo de Desarrollo Regional (FEDER) a través de la una Acción Complementaria del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, denominada "Red científica de economía del agua de riego" (Ref. AGL2007-30519-E/AGR).*

---

## **La economía del agua de riego en España**

© del texto: Autores.

© de la edición: Cajamar Caja Rural, Sociedad Cooperativa de Crédito.

**Edita:** Cajamar Caja Rural, Sociedad Cooperativa de Crédito

**Diseño y maquetación:** Francisco J. Fernández y Beatriz Martínez Belmonte

**Imprime:** Escobar Impresores, S.L. El Ejido (Almería)

**ISBN:** 978-84-95531-45-2

**Depósito legal:** AL-XXX-2009

**Fecha de publicación:** Septiembre 2009

---

La Fundación Cajamar no se responsabiliza de la información y opiniones contenidas en esta publicación, siendo responsabilidad exclusiva de sus autores. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, *offset* o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del *Copyright*.

<b>PRÓLOGO.</b> <i>Juan del Águila Molina</i> .....	11
---	----

## **I. EL MARCO NORMATIVO:**

### **LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA Y SUS IMPLICACIONES ECONÓMICAS**

---

- Capítulo 1. La Directiva Marco de Agua: ¿Un modelo alternativo del uso del agua? <i>Llorenç Avellà, José Carles y Carles Sanchis</i> .....	17
- Capítulo 2. Implicaciones de la nueva planificación hidrológica para la agricultura de regadío <i>José A. Gómez-Limón</i> .....	33
- Capítulo 3. El análisis coste-eficacia en los Programas de Medidas de la DMA <i>Julio Berbel, Pascual Mesa y Julia Martín-Ortega</i> .....	55
- Capítulo 4. Las entidades de riego en común. Aspectos institucionales <i>Carles Sanchis, Marta García Mollá, Chelo Calafat y Virginia Vega</i> .....	75

## **II. ECONOMÍA DE LOS FACTORES PRODUCTIVOS: TIERRA, CAPITAL Y TRABAJO**

---

- Capítulo 5. Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español <i>Marina Gil, Alberto Garrido y Almudena Gómez-Ramos</i> .....	95
- Capítulo 6. Cambio estructural en las explotaciones de regadío <i>Dionisio Ortiz Miranda y Olga M<sup>a</sup> Moreno Pérez</i> .....	115
- Capítulo 7. Adopción de tecnologías ahorradoras de agua en la agricultura <i>Francisco Alcón, Narciso Arcas, M<sup>a</sup> Dolores de Miguel y M<sup>a</sup> Ángeles Fernández Zamudio</i> .....	127
- Capítulo 8. El factor humano: el mercado de trabajo en el regadío <i>Jerónimo Molina y Bienvenido Marzo</i> .....	147
- Capítulo 9. La agricultura y el agua en el sistema productivo. Análisis de su importancia en la economía aragonesa a través de una Matriz de Contabilidad Social <i>Julio Sánchez Chóliz, Jorge Bielsa e Ignacio Cazcarro</i> .....	163

### III. ESCASEZ E INSTRUMENTOS ECONÓMICOS

---

- Capítulo 10. Cambio global y recursos hídricos para la agricultura  
*Ana Iglesias y Sonia Quiroga* ..... 179
- Capítulo 11. Agua virtual y huella hidrológica  
*Ignacio Cazcarro, Rosa Duarte y Julio Sánchez Chóliz* ..... 199
- Capítulo 12. La escasez del agua cuestionada: huella hidrológica y 'comercio' de agua virtual agrario  
*Paula Novo, Roberto Rodríguez Casado, Alberto Garrido y Consuelo Varela-Ortega* ..... 221
- Capítulo 13. Asignación del agua de regadío: una comparación de reglas  
*Renan-Ulrich Goetz, Yasmia Gromaches, Yolanda Martínez Martínez y Àngels Xabadia* ..... 247
- Capítulo 14. El coste financiero en la DMA. Tarifas sobre el uso del agua en agricultura  
*Jorge Bielsa, Ignacio Cazcarro, Étienne Groot y Julio Sánchez Chóliz* ..... 263
- Capítulo 15. Tarificación y recuperación de los servicios del agua  
*Joan Pujol, Marta García Mollá, Julio Berbel y Llorenç Avellà* ..... 279
- Capítulo 16. El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español  
*Javier Calatrava Leyva y Almudena Gómez-Ramos* ..... 295
- Capítulo 17. Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos de opción  
*Alberto Garrido y Almudena Gómez-Ramos* ..... 321

### IV. REGADÍO Y POLÍTICA AGRARIA

---

- Capítulo 18. Efectos de la Reforma Intermedia de la PAC sobre las decisiones de los regantes. Un caso práctico en una moderna zona regable andaluza  
*Ignacio Jesús Lorite y Manuel Arriaza* ..... 345
- Capítulo 19. Efecto de la política agraria sobre la política del agua  
*Carlos Gutiérrez y Carlos Mario Gómez* ..... 365
- Capítulo 20. El regadío y la política de desarrollo rural  
*Eduardo Moyano y Fernando E. Garrido Fernández* ..... 383

## V. REGADÍO Y MEDIOAMBIENTE

---

- Capítulo 21. Regadío y ecología: exigencias medioambientales <i>Juan José Oñate</i> .....	407
- Capítulo 22. Política agroambiental: contaminación de agua y degradación <i>María Espinosa-Goded y Jesús Barreiro-Hurlé</i> .....	429
- Capítulo 23. Los instrumentos para la gestión de la cantidad y la calidad del agua: revisión crítica <i>Encarna Esteban, Javier Tapia, Yolanda Martínez y José Albiac</i> .....	453
- Capítulo 24. Una década de economía y política del agua en la agricultura <i>Alberto Garrido, Àngels Xabadía, Fco. Javier Sáez, José A. Gómez-Limón y Javier Calatrava</i> ...	471
<b>REFERENCIA DE AUTORES</b> .....	498
<b>ÍNDICE ANALÍTICO</b> .....	513



# Prólogo

---

Cuando a alguien como a mí se le presenta la oportunidad de hablar sobre el agua, se corre el riesgo de ser inundado por un tsunami de sentimientos, más que de palabras. El desarrollo de la provincia de Almería, como el de otras zonas del sureste español ha sido impulsado, y lo sigue siendo hoy día, por la puesta en regadío de sus campos.

En el caso almeriense, que es la cuna en la que nace Cajamar (entonces, Caja Rural Provincial de Almería), el resultado no podía ser más satisfactorio. Las primeras y ansiadas actuaciones llevadas a cabo por el Instituto Nacional de Colonización demostraron a muchos agricultores que había una alternativa real a la emigración que desolaba nuestros pueblos. Al agua, tan escasa en esta zona, los hombres y mujeres de esta provincia le sumaron su duro trabajo, un importante esfuerzo en incorporación de bienes de capital y el uso más exquisito que se pueda encontrar hoy en España para el recurso líquido. La puesta en regadío de los Campos de Dalías y de Níjar no sólo alumbró un modelo de desarrollo económico singular, sino que produjo también un tejido social y empresarial dinámico, abierto al mundo y alejado de la tradicional imagen del mundo campesino.

Por esta razón, cuando la Red ECORIEGO se puso en contacto con nosotros para llevar a cabo la edición que el lector tiene entre sus manos, apenas nos cupieron dudas: la Fundación Cajamar tenía que participar en el proyecto. Debíamos hacerlo por vocación; financiera, sí, pero también agraria.

La agricultura está logrando dejar atrás el sambenito que la ha acompañado en las últimas décadas: el de la pobreza y el subdesarrollo. Cada día más se la comienza a relacionar con otras palabras, sinónimo de modernidad y dinamismo, tales como innovación, investigación, biotecnología, globalización, orientación al mercado, etc. Ciertamente que no es siempre en términos de lo, pero incluso esto es una señal de vivacidad: que haya debate es un claro indicador de la relevancia social que está volviendo a adquirir. Esa nueva orientación justifica ya de por sí la realización de un "estado del arte" como el que se recoge en las páginas que siguen.

Pero también hay una justificación de tipo normativo, y hasta filosófico. Los plazos para la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua se acercan inexorablemente. Y ello supone en algunos aspectos un cambio radical sobre las formas de hacer con respecto al agua en este país. La Directiva insiste, entre otras cosas, en la recuperación de costes o en las repercusiones ambientales del uso de los recursos hídricos. Éstos y otros aspectos van a suponer un replanteamiento de las "reglas del juego", de tanta magnitud en algunas ocasiones que hasta es posible que se termine jugando a otro juego distinto. Es por ello que los editores han seleccionado como primera parte del libro las contribuciones relacionadas con la Directiva Marco y sus implicaciones económicas.

Por otro lado, se han considerado también otros factores a tener en cuenta en el proceso agrario, entre ellos, el capital humano. Otro gran acierto. La capacidad de la agricultura para alimentar a una población creciente con una menguante disponibilidad de mano de obra no puede comprenderse sin que entre las personas que cultivan la tierra se haya producido otro importante cambio, casi una revolución tanto por lo intenso de la transformación, como por lo rápida de la misma. La agricultura española primero debió adaptarse a la escasez de mano de obra y luego a la entrada de España al entonces Mercado Común y al consiguiente cambio institucional que supuso. Sólo a través de la mejora de la productividad de todos los factores (incluido el agua) era posible enfrentar estas mutaciones. Todo ello en apenas tres generaciones.

Cuando hablamos de productividad, y de agua de riego, los economistas tienden a pensar rápidamente en términos de euros por metro cúbico. En pocas ocasiones, como en este libro, alguien afronta el problema de partida, el "pecado original" de nuestra geografía: la escasez de la misma, extrema en el sureste del Estado, pero en expansión a causa del cambio climático. También encuentra esta problemática espacio en el libro que nos ocupa, tanto desde la perspectiva de las herramientas económicas disponibles para la optimización de su uso, hasta los problemas derivados del cambio global.

Finalmente, quiero referirme a los objetivos con los que nació la Fundación Cajamar, siendo el principal la generación de conocimiento y su distribución, algo que creo se cumple sobradamente con este texto. Los editores han realizado un excelente trabajo de selección y coordinación de temas, y han puesto a nuestra

disposición un amplio catálogo de las ideas que hoy protagonizan el debate en torno a la economía del agua de riego. Agradezco desde aquí su esfuerzo y su contribución al cumplimiento de nuestros objetivos.

Una vez culminado el trabajo, espero que los argumentos que se recogen en este libro sean de gran utilidad. Confío, por tanto, en que esta obra fomente la reflexión y sirva de acicate a nuevas investigaciones, contribuyendo así a nuestro conocimiento y nuestra concienciación sobre un tema tan vital para la humanidad como el correcto aprovechamiento del agua.

*Juan del Águila Molina*  
*Presidente de la Fundación Cajamar*



# I. El marco normativo: La Directiva Marco del Agua y sus implicaciones económicas

## La economía del agua de riego en España

- 17 La Directiva Marco de Agua: ¿Un modelo alternativo del uso de agua?
- 33 Implicaciones de la nueva planificación hidrológica para la agricultura de regadío
- 55 El análisis coste-eficacia en los Programas de Medidas de la DMA
- 75 Las entidades de riego en común. Aspectos institucionales



# La Directiva Marco de Agua: ¿Un modelo alternativo del uso del agua?

*Llorenç Avellà, José Carles y Carles Sanchis*

## 1. Introducción

La aplicación de la Directiva Europea Marco de Aguas (DMA) supone un cambio radical en la política europea de aguas y plantea grandes dificultades para su correcta aplicación en España. El presente trabajo se estructura en cuatro epígrafes: en el primero se describe sucintamente los contenidos más destacados de la Directiva, en el segundo se comentan algunas observaciones críticas a la Directiva, en el tercero se plantean algunas dificultades para su aplicación en España, para finalizar con algunas conclusiones, entre las que destacan las relacionadas con su carácter estrictamente medioambientalista y las recomendaciones para intentar superar los obstáculos para su aplicación.

## 2. La DMA: Principios rectores

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua (en adelante DMA), constituye un cambio sustancial de la legislación europea en materia de aguas, que va a exigir un giro radical en la gestión, sobre todo en los países mediterráneos. Se trata de países caracterizados por la aridez, los recurrentes episodios de sequías e inundaciones y la desigual distribución del recurso, en los que las políticas de oferta han tenido una prolongada aplicación y el sector agrario concentra más del 70% del consumo. La trasposición de la DMA a España se realizó por medio de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de forma bastante literal y dejando para su desarrollo posterior temas para los que no se consideraba necesario el rango de Ley. Entre ellos cabe citar el R.D. 125/2007,

de 2 de febrero, que fija el ámbito territorial de las "nuevas" demarcaciones hidrográficas, con carácter provisional hasta que las comunidades autónomas afectadas asuman de manera efectiva las competencias sobre las cuencas internas y el nuevo Reglamento de Planificación Hidrológica (R.D. 907/2007, de 6 de junio) en el que se define la estrategia para la consecución de los objetivos de planificación.

La DMA establece claramente, en su considerando primero, que "el agua no es un bien comercial como los demás, sino que constituye un patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal" y, consecuentemente, como señalan (Carles y García, 2001; p. 89), "al poner el acento en la naturaleza del agua como activo ecosocial ... la utilización del agua para cualquier finalidad productiva deberá quedar condicionada al mantenimiento de unos rigurosos objetivos del estado cualitativo y cuantitativo de las masas de agua".

Esta idea se refuerza con el contenido del artículo 174 del Tratado de la UE, expresamente citado en el considerando 11 de la DMA, "la política de la Comunidad en el ámbito del medio ambiente debe contribuir a alcanzar los siguientes objetivos: la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente, y la utilización prudente y racional de los recursos naturales; asimismo, debe basarse en el principio de cautela y en los principios de acción preventiva, de corrección de los atentados al medio ambiente preferentemente en la fuente misma, y de quien contamina paga".

La orientación de la DMA es, por tanto, fundamentalmente ambiental y forma parte de una política global del medio ambiente en el marco de la Unión Europea. Según Carles y García (2001), la nueva política de aguas se establece de acuerdo con una serie de principios que podríamos sistematizar en los siguientes:

- Consideración del agua como un activo ecosocial y definición de objetivos en coherencia con la misma.
- Principios territoriales y de gestión: acción integral y unidad de cuenca.
- Principio de planificación para el logro de los objetivos.
- Política medioambiental mixta con utilización de instrumentos económicos y de regulación y control.
- Principio de transparencia y participación social.

Pero la DMA también debe "garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo" (Art.1). Con ello es posible que, en la práctica, se produzcan conflictos para el cumplimiento de los dos objetivos fijados en el artículo 1 de la DMA -garantizar el suministro suficiente y conservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente- que podrían derivar de la carencia de una clara prioridad entre estos objetivos o, en su caso, de mecanismos para compatibilizarlos.

La ambigüedad de la DMA, aún reconociendo que no es una "ley de aguas comunitaria" y que existe una gran diversidad de instituciones, leyes y condicionantes en los distintos Estados miembros, ha sido criticada por diferentes autores. Por ejemplo, Embid Irujo (2007) señala acertadamente que "las novedades que contiene la DMA son importantes en relación a la mayor parte de países de la UE, pero, por otro lado, esas mismas novedades no están descritas con la suficiente precisión como para ser susceptibles de una simple y sencilla respuesta en todos los lugares".

La propia DMA prevé la posibilidad de que sea muy difícil el cumplimiento de sus objetivos debido a circunstancias concretas y excepcionales. Por ejemplo, en caso de que, por cualquier circunstancia no pueda cumplirse el principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua, se contempla que ello no debe llevar a un incumplimiento de los objetivos básicos medioambientales, que deben garantizar los poderes públicos. Así mismo, contempla (Art. 4) el no cumplimiento de las disposiciones de la Directiva en caso de deterioro temporal del estado de las masas de agua debido a causas naturales o de fuerza mayor, en particular sequías prolongadas y graves inundaciones, siempre que se cumplan determinadas condiciones, de difícil constatación objetiva la mayoría de ellas: adoptar todas las medidas factibles para evitar que siga deteriorándose el estado de las masas de agua; que el plan hidrológico de cuenca especifique las condiciones en virtud de las cuales pueden declararse tales circunstancias como excepcionales; que en el programa de medidas se contemplen las que haya que adoptar en tales circunstancias; que cuando desaparezcan las circunstancias imprevisibles se tomen las medidas factibles para devolver las masas de agua a su situación anterior y que en la siguiente revisión del plan hidrológico de cuenca se contemple un resumen de los efectos y medidas extraordinaria adoptadas.

La DMA establece expresamente que el ámbito de aplicación de los objetivos, planes y medidas coordinadas se extiende a todas las aguas continentales y costeras de cada una de las cuencas, (el anejo VI incluye el programa de medidas que deben contemplarse en las cuencas y subcuencas), como consecuencia de ello el cumplimiento de los objetivos debe tener lugar en todas las masas de agua.

El texto de la Directiva presta especial atención a la definición de los objetivos medioambientales (Art. 4 y anejo V) y obliga a los Estados miembros a alcanzar un buen estado ecológico y químico en todas las aguas superficiales, así como un buen estado cuantitativo y químico en todas las aguas subterráneas y en las marinas de una franja que puede ser potencialmente afectada por los flujos de las primeras o por los vertidos directos de las áreas costeras. Además establece criterios normativos para la definición del buen estado de calidad química de las aguas en función del cumplimiento de los estándares de calidad, los cuales deberán definirse previamente de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 16 y anejo V antes de 2015, con excepciones.

Tal como se indica en los considerandos 33 y 34, el objetivo de alcanzar un buen estado de las aguas debe perseguirse en cada cuenca hidrográfica, de modo que se coordinen las medidas relativas a las aguas superficiales y las aguas subterráneas pertenecientes al mismo sistema ecológico, hidrológico e hidrogeológico y, a efectos de la protección del medio ambiente, es necesario integrar en mayor medida los aspectos cualitativos y cuantitativos de las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Como hemos dicho anteriormente, la unidad de planificación hidrológica es la cuenca y sus planes deben incluir la prolija información que se indica en el anexo VII.

A diferencia de los tradicionales planes hidrológicos, la DMA concibe los planes como un documento público en el que se recoja un resumen de los estudios, objetivos, programas, medidas e instrumentos de acuerdo con lo exigido por la directiva para el logro de los objetivos de calidad en las masas de agua y áreas protegidas del territorio de cada demarcación hidrográfica. Los planes no tienen en sí mismos carácter normativo como el actual Plan Hidrológico Nacional o los planes de cuenca españoles (Carles y García, 2001).

Los principales aspectos que deben contemplarse en los planes de cuenca son: a) Presiones e incidencias de la actividad humana en el estado de las aguas, b) Mapas de las zonas protegidas, c) Mapa de las redes de control, d) Objetivos medioambientales, e) Resumen del análisis económico del uso del agua, f) Programa o programas de medidas adoptado que incluya los modos de conseguir los objetivos, g) Programas y planes

hidrológicos más detallados relativos a subcuencas, h) Medidas de información pública y de consulta tomadas y sus resultados.

El análisis económico debe comprender (anejo III), además de la caracterización de la cuenca en distintos aspectos, tales como la importancia económica de los usos del agua, los aspectos demográficos, la estimación de escenarios futuros de la demanda y oferta de agua y su impacto sobre las actividades económicas:

- a) Los cálculos pertinentes necesarios para tener en cuenta el principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua<sup>1</sup> y estimación a largo plazo de la oferta y la demanda de agua y las previsiones de la inversión correspondiente.
- b) La combinación más adecuada de medidas que, sobre el uso del agua, deben incluirse en el programa de medidas.

Nótese, por un lado, la preponderancia de la información y análisis referidos a temas ambientales y, por otro, la incorporación de aspectos novedosos en relación a los planes de cuenca y nacional españoles, en particular en materia económica y de participación pública.

En cuanto a los instrumentos para conseguir los objetivos citados se establecen fundamentalmente dos tipos de estrategias (Carles y García, 2001):

- a) La realización de proyectos públicos, sustituyendo o complementando a la iniciativa privada, para la preservación, conservación y rehabilitación para el logro de los objetivos. La financiación pública de estas acciones está contemplada en la Directiva como posible excepción al principio de recuperación de costes (Art 9.4), si bien no establece directriz alguna al respecto, siempre y cuando "ello no comprometa ni los objetivos ni el logro de los objetivos de la presente Directiva".
- b) Establecimiento de instrumentos que influyan o modifiquen los procesos de decisión individuales de los agentes tanto usuarios del agua para las actividades económicas como contaminadores potenciales. La extensa y correcta utilización de estos instrumentos es considerada fundamental para el logro de los objetivos previstos, implementando una política mixta con instrumentos de regulación y control e instrumentos económicos.

---

<sup>1</sup> En la versión finalmente aprobada se desechó la idea de recuperación plena de costes que figuraba en los primeros borradores.

### 3. Una valoración crítica de la DMA

El escaso espacio disponible obliga a centrar nuestra atención solo en algunos aspectos de la Directiva. En nuestra opinión, los más controvertidos derivan de la consideración prioritaria del agua como activo ecosocial o patrimonio - la gran aportación conceptual de la DMA- aunque reconociendo su multifuncionalidad, en particular, su carácter de bien de consumo y de factor de producción en múltiples actividades económicas. Cabe preguntarse si ello es consecuente con el articulado de la DMA o bien, si en la práctica se permitirá que los Estados miembros puedan seguir aplicando políticas más acordes con los modelos actuales de oferta y de demanda, que enfatizan su función de factor de producción, a los que la directiva pretende sustituir.

Además del debate teórico que surge según la corriente de pensamiento en la que se inscriba cada autor - en particular lo que se denomina en España, en una primera aproximación, economía ambiental y economía ecológica<sup>2</sup>-, lo cierto es que las distintas interpretaciones de la DMA están teniendo efectos prácticos en las discusiones producidas en el marco de la participación ciudadana, según los intereses que defiende cada grupo. Por ejemplo, entre representantes de grupos ambientalistas o ecologistas y de organizaciones agrarias, debidas, en gran parte, a las distintas interpretaciones que cada grupo hace del contenido de la DMA, posibilitadas por la ambigüedad de su contenido.

Si, de acuerdo con Aguilera (1999; p. 53), la caracterizamos como activo ecosocial por "la capacidad que tiene el agua de satisfacer todo un conjunto de funciones económicas, sociales y ambientales, tanto de carácter cuantitativo como cualitativo", se deduce que, en su consideración como patrimonio debe preservarse "per se", algo similar a los parques naturales o, en otro orden, el patrimonio histórico. Ello implicaría, por ejemplo, que carece de sentido estimar la curva de demanda del activo agua. En cambio, la consideración del agua como factor de producción -capaz de satisfacer funciones económicas- conduce a la conveniencia de estimar las funciones de demanda para evaluar su uso eficiente.

Esto no implica, más bien al contrario al tratarse de un activo difícilmente sustituible, que no sea necesario aplicar la racionalidad económica en cualquier caso, sea cual sea la función que satisfaga. Pero plantea algunas cuestiones, tales como hasta qué punto cabe

---

<sup>2</sup> Las diferencias entre economía ambiental y economía ecológica son diversas. Una de las más importantes es la aceptación del modelo neoclásico, en especial su teoría del valor-precio, por la economía ambiental, mientras que la ecológica postula la imposibilidad de valorar económicamente los recursos naturales, estimando los precios de mercado.

utilizar el concepto de coste de oportunidad en su consideración como activo ambiental, o si existe una confusión en la DMA al no delimitarse claramente los derechos de la sociedad a disfrutar de un activo ambiental y el derecho de apropiación privada para obtener beneficios. Y ello nos lleva a preguntarnos por el significado, en este contexto, del contenido y aplicabilidad del concepto de eficiencia. En este sentido, la DMA no establece claramente si, en circunstancias normales, son únicamente los excedentes, una vez cumplidas las funciones como activo ecosocial, los que pueden destinarse a otros usos con los requisitos de racionalidad económica contemplados o, alternativamente, debe existir un cierto compromiso para el cumplimiento parcial de todos los objetivos simultáneamente, sin ninguna exclusión. Aunque somos conscientes que en principio debería interpretarse que las autorizaciones y concesiones deben estar subsumidas al mantenimiento de los objetivos de calidad, y las modificaciones en la legislación española así lo contemplan, dudamos que se revisen a la baja las actuales concesiones en muchas cuencas españolas para cumplir los objetivos de calidad.

Como se pregunta Pérez Picazo (2003, p. 236), ¿hasta qué punto la planificación hidrológica puede compatibilizar los objetivos de "evitar el estrangulamiento de las actividades económicas vinculadas al agua... (y) preservar el recurso y los distintos sistemas acuáticos?". La cuestión no es baladí, pues genera dudas sobre si el articulado de la DMA es o no compatible, más allá de aspectos "formales", con gran parte de la política de aguas ejecutada o planteada en España en las últimas dos décadas, incluida su financiación. Por ejemplo, el trasvase Júcar-Vinalopó, el Plan AGUA y la proliferación de desaladoras, el Plan de Modernización de Regadíos o el posible cambio de toma del trasvase Tajo-Segura, por no hablar, simple y llanamente, del reiterado incumplimiento de la legislación vigente (pozos ilegales, invasión del dominio público hidráulico, no instalación de mecanismos de medida de caudales, etc.) que podrían, posiblemente, ser objeto de infracciones comunitarias. Por ello el interrogante contenido en el título de este trabajo; pues si la sustitución del modelo de oferta por el de demanda supuso un claro cambio en la política hidráulica, priorizando las políticas de demanda, desde la entrada en vigor de la DMA la mayor inversión se ha dirigido a todo tipo de políticas: modernización de regadíos (demanda) y desalación y trasvases (oferta).

Fue Aguilera (2001) el primer autor español en constatar que la DMA abre la puerta, en su artículo 4, a la relajación de los objetivos definidos en ella, al regular las excepciones al cumplimiento de los objetivos ambientales justificándolas en términos de "costes desproporcionados" que, obviamente, dependen del enfoque adoptado por el análisis económico.

Algunas simulaciones realizadas en España -por ejemplo las realizadas en el río Serpis- utilizan metodologías basadas en la valoración contingente o disposición de la población a pagar por alcanzar determinadas mejoras ambientales (entre los trabajos más recientes véase Del Saz *et al.*, 2009). Ello vulnera el principio coste-eficacia y, según algunos autores (La Roca, 2007, p.13), "subvierte la lógica de la directiva al abordar una revisión de los objetivos de calidad con la pretensión de su valoración monetaria". El análisis coste-beneficio se está aplicando cada vez más, tanto en España como en otros países, fruto de la escasa claridad y precisión de la DMA, que permite interpretaciones contradictorias.

La reciente publicación de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH)<sup>3</sup> ha clarificado algunas dudas respecto a su aplicación en España. Así, deja clara la obligatoriedad de utilizar el principio coste-eficacia al establecer taxativamente: "Una vez que se disponga de la caracterización, en términos de coste y eficacia, de las diferentes medidas que permiten alcanzar los objetivos ambientales en todas las masas de agua de la demarcación hidrográfica, la selección de la combinación más adecuada se apoyará en un análisis coste-eficacia" (epígrafe. 8.1).

Asimismo, en la IPH se estipula que "el análisis de costes desproporcionados de la aplicación de los programas de medidas o de los medios alternativos se llevará a cabo analizando si:

- a) Los costes son desproporcionados respecto a la capacidad de pago de los usuarios. ¿Cómo se cuantifica la capacidad de pago de los usuarios?
- b) Los costes son desproporcionados respecto a los beneficios derivados de alcanzar los objetivos medioambientales en las masas de agua.

El análisis de los beneficios derivados de la mejora ambiental podrá basarse en valoraciones cualitativas, cuantitativas o monetarias y considerará todos los beneficios desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto" (epígrafe. 6.6).

La instrucción también limita al ámbito del conocimiento algunos aspectos de dudosa utilidad y elevado coste, tal como (epígrafe 3.1.2.3.5) "Deberán estimarse las funciones de demanda características de las unidades de demanda (agraria) que relacionan el volumen de agua demandado y los factores determinantes, que incluirán el precio del agua y

---

<sup>3</sup> Orden ARM 2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

la estructura tarifaria, el poder adquisitivo de los regantes y otros factores como el tamaño y el tipo de explotación. Los resultados de este análisis servirán para analizar los efectos de las variaciones de los precios de los servicios de agua y ajustar los resultados de las estimaciones de la demanda", o, al nivel de generalidad de la instrucción (epígrafe 8.2.1.1.2) "Entre las medidas para fomentar un uso eficiente y sostenible del agua, el plan hidrológico analizará cómo la política de precios y la estructura tarifaria puede constituir un incentivo para alcanzar un uso más eficiente de los recursos y contribuir de esta manera a la consecución de los objetivos medioambientales. Se estudiará el efecto que las políticas de precios tienen sobre las demandas de agua para abastecimiento urbano, agrario e industrial, así como sobre los balances hídricos. Estas demandas se evaluarán asumiendo el incremento en los precios necesario para conseguir una recuperación adecuada de los costes de los servicios de agua, a partir de las curvas de elasticidades".

Estipula claramente que "Los costes ambientales se valorarán como el coste de las medidas establecidas para alcanzar los objetivos ambientales, incluyendo las adoptadas tanto por las administraciones competentes como por los usuarios. Los costes del recurso se valorarán como el coste de escasez, entendido como el coste de las oportunidades a las que se renuncia cuando un recurso escaso se asigna a un uso en lugar de a otro u otros. Para analizar el coste de escasez se describirán los instrumentos de mercado y cómo estos permiten mejorar la asignación económica del recurso y los caudales ambientales" (epígrafe 7.4).

Realmente, es difícil entender el concepto de **coste del recurso**. Aunque es un concepto muy intuitivo, el beneficio que produciría un activo colocado en la alternativa más productiva, es de imposible aplicación práctica. Sólo cabe mencionar las posibilidades reales de su aplicación -movilidad del agua- y su correcta estimación en cada momento y territorio, que son muy diversos y cambiantes, según las necesidades de riego en cada mes, cultivos, etc.

Incluso teóricamente es de difícil justificación aplicado al agua en el regadío, ya que puede encarecer el recurso en las zonas en las que la productividad del agua es menor, sin que se garantice con ello una asignación más eficiente del recurso (de los usos o acuíferos de menor productividad a los de mayor productividad), ni se consideren todos los costes sociales, de modo que la medida sólo tendría efectos recaudatorios.

## 4. La aplicación de la DMA en España

La implantación de la DMA se enfrenta a un grave problema derivado de su propia concepción. En efecto, el contexto de los países del centro y norte de Europa se caracteriza, en síntesis, por tener más problemas de calidad de los recursos hídricos y ecosistemas asociados que de cantidad, mientras que en España existen graves problemas de cantidad y de calidad. La concepción de la DMA se orienta exclusivamente a los problemas de calidad, así, en su considerando diecinueve manifiesta que "el control cuantitativo es un factor de garantía de una buena calidad de las aguas y, por consiguiente, deben establecerse medidas cuantitativas **subordinadas** al objeto de garantizar una buena calidad". Sin duda, una aplicación textual de esta concepción se enfrentaría a fuertes rechazos sociales en cualquier situación y, en especial, en los frecuentes episodios de sequías.

Además, una parte no desdeñable de los problemas de calidad de las aguas en España proceden de la contaminación difusa, a la que la DMA sólo hace referencia en el artículo 10 al mencionar la "necesidad de controlar los impactos difusos". Baste citar que la importancia del regadío en España, gran responsable de la contaminación difusa, es muy superior a buena parte de los países de la comunidad europea: la agricultura supone más del 70% del consumo total de agua en Grecia, Portugal, Chipre y España; menos del 10% en Reino Unido, Francia, Suecia, Austria, Polonia, ... y entre un 20 y 40% en Alemania, Holanda, Dinamarca, etc., lo cual no es obstáculo para que en algunas zonas europeas la contaminación difusa también provoque graves problemas.

Por otra parte, el actual momento sociopolítico no invita al optimismo. Coincidiendo con la implantación de la DMA en España, se modificó el Plan Hidrológico Nacional (R.D. Ley 2/2004 que, posteriormente se transformó en la Ley 11/2005), con el objetivo principal de sustituir el trasvase del Ebro por el programa AGUA en las cuencas mediterráneas, y con la modificación de los Estatutos de Autonomía en muchas CCAA con la común reivindicación de reservas de agua en sus territorios o reclamación del agua "sobrante" de otros territorios. La práctica totalidad de CCAA pretender obtener "reservas" del agua que transcurre por los ríos en su territorio para garantizar sus necesidades, que, en ocasiones, derivan de la expansión de regadíos de difícil justificación económica, social y ambiental.

La necesidad de integrar de forma coherente en el ámbito de la cuenca las políticas urbanísticas, territoriales, de desarrollo rural, agrícola y sectorial, será ciertamente una tarea difícil en el actual estado de confrontación política entre los grandes partidos y entre los gobiernos central y autonómicos, dada la dispersión de competencias existente y la

utilización electoralista del agua. La experiencia reciente nos enseña que los temas relacionados con el agua son unos de los más utilizados -y parece ser que con éxito- para intentar vencer en las citas electorales.

Un ejemplo de gran repercusión es el de las desaladoras del programa AGUA. Con una correcta aplicación del principio de subsidiaridad y de garantía de suministro, pueden calificarse como propias de una política de oferta y sin coordinación con las políticas territoriales -en algunas CCAA los planes urbanísticos hacen caso omiso a los preceptivos informes de los organismos de cuenca-, con el agravante de haber renunciado a su propósito inicial de exigir un compromiso de los usuarios potenciales a usar y pagar el agua obtenida. Otro ejemplo que ha originado grandes confrontaciones electorales y territoriales es el del trasvase Júcar-Vinalopó, ligado a unos planes de modernización de los regadíos de la Ribera que, por su probable afección negativa al lago de la Albufera de Valencia, pueden tener graves consecuencias si se aplica al principio de recuperación de costes ambientales.

En palabras de Serrano (2008, p. 13), "la tendencia y racionalidad en la gestión global del territorio nos llevaría a una modificación sustancial del proceso, sin contravenir lo establecido en la Constitución o modificando ésta". El citado autor señala como aspectos problemáticos y que requieren una urgente mejora, "la dinámica de captación irregular o ilegal" de los recursos hídricos, la imposibilidad de que algunas confederaciones puedan asignar nuevos recursos hídricos, ya que se han superado, con creces, las disponibilidades del "año medio" de las mismas e, incluso, que "el propio concepto de concesión hídrica" no es adecuado ni a la situación actual ni a las necesidades futuras". Según el mismo autor, sólo a partir de la legislatura 2004-2008 han empezado a efectuarse -principalmente en las confederaciones del Norte- revisiones y expedientes de caducidad de las concesiones, a pesar de los grandes cambios en los usos del suelo; de agrario a no agrario y de cultivos o tecnología en el seno del agrario acaecidos, sobre todo, en las dos últimas décadas.

Una visión optimista, en cambio, postularía la utilización de la DMA como vía para solucionar gran parte de esos problemas enquistados en la sociedad española: integración de la política de aguas con otras políticas relacionadas, redefinición de las competencias derivadas de la Constitución española, o adecuada coordinación de las administraciones públicas, plena aplicación de las leyes vigentes, mejorar el conocimiento de la realidad sobre la que se pretende actuar y, en definitiva, mayor responsabilidad social y política.

Como señala Carles (2001, p. 169) "A nadie se nos puede ocultar las dificultades derivadas de la extensión de la regulación y actuaciones a las aguas costeras y mineromedicinales, de la complejidad para la definición de los estados del agua, y sobre todo de la dificultad de cumplimiento de los objetivos genéricos establecidos por la directiva habida cuenta del estado de buena parte de las masas de agua superficiales y subterráneas en nuestro país, del que por otra parte existe muy poca o nula información en buena parte del territorio". La DMA exigirá una profunda reestructuración de los órganos actuales de administración hidráulica pues "no se han producido los cambios necesarios en los órganos de la administración, técnicos y de gestión, que permita abordar con eficacia los cometidos exigidos por la propia Ley de Aguas que se ven ahora ampliados cualitativa y cuantitativamente".

Por otra parte, es difícil calcular los costes repercutibles a los usuarios, pues puede caerse en la tentación de entender que en España ya se contemplan los costes ambientales, entendidos como el coste de las medidas planeadas para reducir, eliminar o mitigar los impactos, ya que la legislación española establece un sistema impositivo general de acuerdo con el principio contaminador-pagador. Además, los costes de los servicios no imputables a los usuarios -los descuentos por laminación de avenidas- oscilan entre el 0% de los costes totales en el Duero y el 51,42% en el Segura (MMA, 2007).

En todo caso, diversos estudios -entre ellos Sumpsi et al. (1998), García Mollá (2000), Carles *et al.*, (1999) y Albiac *et al.*, (2007) en España y Cornis y Perry (2003) y Bosworth *et al.*, (2002)- muestran que el mecanismo de precios no es adecuado, al menos en las agriculturas mediterráneas, para reducir los consumos de agua del regadío.

Por último, existe el riesgo de que las medidas adoptadas, aún con un análisis coste-eficacia adecuado, pueden no ser aceptadas si los resultados, además del caso de costes desproporcionados, superan la capacidad de financiación de una parte significativa de los usuarios o si el principio contaminador pagador es violado frecuentemente.

## 5. Conclusiones

La DMA es una directiva estrictamente medioambientalista, muy ambiciosa pero ambigua, muy teórica y en algunos casos hasta ineficaz, como cuando observa la recuperación de costes como un elemento disuasorio del consumo. Las novedades que contiene la DMA no están descritas con la suficiente precisión como para ser susceptibles de una simple y sencilla respuesta en todos los lugares.

En España, su aplicación será especialmente difícil, tanto por las características agroclimáticas y la importancia del regadío en el consumo de agua como por las necesarias reformas que deben adoptarse en la administración hídrica. En este sentido, es imprescindible lograr una mayor integración de todas las políticas territoriales, urbanísticas y sectoriales con la política de agua, así como alcanzar una concertación entre todas las administraciones con competencias en las políticas anteriormente enunciadas (central, autonómicas y locales).

Una visión pesimista es la reflejada con claridad por Bueno (2007 p.11) al señalar que "se tiene la impresión de que su aplicación plantea serias dudas, de que el papel lo aguanta todo, de que todos los problemas se solucionan con una buena planificación... sobre el papel, pero la realidad es muy distinta... Unos objetivos tan rigurosos a lo que conducen es a una situación en la que se asume que su cumplimiento es imposible".

## Referencias bibliográficas

- Aguilera, F. (1999). "Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales". En Arrojo, P. y F.J. Martínez Gil (Ed.): *El agua a debate en la Universidad: Hacia una nueva cultura del agua*. Institución Fernando El Católico, Zaragoza.
- Aguilera, F. (2001). "Valor, uso y precio del agua: la protección de los recursos hídricos y el papel del análisis económico en la directiva 2000". En Fundación Nueva Cultura del Agua (ed.): *La Directiva Marco. Perspectivas en Portugal y España. II Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. Institución Fernando El Católico, Zaragoza.
- Albiac, J.; Martínez, Y. y Xabadía, M.A. (2007). "El desafío de la gestión de los recursos hídricos". *Papeles de Economía Española*, 113: 95-107.
- Bosworth, B.; Cornish, G.; Perry, C. y Van Steenberg, F. (2002). *Water Charging in Irrigated Agriculture. Lessons from the Literature*. Report OD 145, HR Wallingford, Wallingford.
- Bueno Hernández, F. (2007). "La Directiva marco del Agua". *Ingeniería y Territorio. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, 80: 4-11.
- Carles, J.; Avellá, Ll., y García, M. (1999). "Precios, costos y uso del agua en el regadío mediterráneo". En Fundación Nueva Cultura del Agua (Ed.): *El agua a debate desde la Universidad: hacia una nueva cultura del agua. I Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*. Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza.
- Carles, J. (2001). "La administración pública ante las nuevas políticas de aguas de la Directiva Marco". En Fundación Nueva Cultura del Agua (Ed.): *La Directiva Marco. Perspectivas en Portugal y España. II Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. Institución Fernando El Católico, Zaragoza.
- Carles, J. y García, M. (2001). "La política europea de aguas: Un nuevo marco para la gestión sostenible". En Basanta, A. (Ed.): *Uso sostenible del agua: de la discusión a la decisión*. EMASESA. Sevilla.
- Cornish, G. y Perry, C. (2003). *Water Charging in Irrigated Agriculture. Lessons from the Field*, Report OD 150, HR Wallingford, Wallingford.

- Del Saz, S.; Hernández, F y Sala, R. (2009). "Estimación del valor económico de la calidad del agua de un río mediante una doble aproximación: Una aplicación de los principios económicos de la Directiva Marco del Agua". *Economía Agraria y de los Recursos Naturales*, Vol. 9, nº 1.
- Embid Irujo, A. (2007). "La Directiva Marco del Agua y algunos de los problemas de su proceso de implantación en España y otros países europeos". *Ingeniería y Territorio. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, 80: 20-27.
- García Mollá, M. (2000). *Análisis de la influencia de los costes en el consumo de agua en la agricultura valenciana. Caracterización de las entidades asociativas para riego*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Economía y Ciencias Sociales.
- La Roca, F. (2007). "El desarrollo de la DMA y los nuevos instrumentos económicos en la gestión del agua". Ponencia presentada a la *Jornada de presentación de resultados del panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas*. <http://www.unizar.es/fnca/varios/panel/21.pdf>. Fundación Nueva Cultura del Agua.
- MMA (2007). *Precios y costes de los Servicios del Agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Artículo 5 y anejo III*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.
- Pérez Picazo, M.T. (2003). "Aspectos económicos de la planificación hidrológica". En Arrojo, P. y Del Moral, L. (Eds.): *La Directiva Marco de Aguas: Realidades y futuro*. Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
- Serrano, A. (2008). "El papel de los mercados y la gestión del agua en España". Ponencia presentada en la *Semana Temática de Economía y Finanzas del Aguas de la ExpoZaragoza* <http://www.expozaragoza2008.es/ContenidosAgenda/tda/ST07C3.pdf>. 2008.
- Sumpsi, J.M.; Garrido, A.; Blanco, M.; Varela, C. e Iglesias, E. (1998). *Economía y política de gestión de agua en la agricultura*. MAPA/Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.



# Implicaciones de la nueva planificación hidrológica para la agricultura de regadío

*José A. Gómez-Limón*

## 1. Introducción

En octubre del año 2000 se aprobó la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, en la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua, más comúnmente conocida como Directiva Marco del Agua (DMA). Esta normativa supuso una reforma profunda y sustancial de la legislación europea vigente en materia de aguas hasta entonces.

Los objetivos principales de la DMA son prevenir el deterioro y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos, así como promover el uso sostenible del agua. Para la consecución de dichos objetivos, la DMA exige la elaboración de unos nuevos planes hidrológicos para cada una de las demarcaciones hidrográficas de los Estados Miembros. Según se establece en la norma europea, dichos planes deben estar basados en análisis detallados de las repercusiones de la actividad humana (presiones antrópicas) que sufren las diferentes masas de agua y en evaluaciones de su impacto. De esta forma se posibilita diseñar y establecer un programa de medidas específico para cada demarcación hidrográfica que permita alcanzar el "buen estado" de todas las masas de agua. Para desarrollar estos planes hidrológicos, los Estados Miembros deben especificar el ámbito territorial de sus demarcaciones hidrográficas, designar una autoridad competente para cada una de ellas (responsable de la elaboración e implementación de tales planes), y fomentar la participación pública activa durante el proceso de planificación de todas las partes interesadas.

El articulado de la DMA establece numerosas tareas y actividades para el desarrollo del proceso de planificación, muchas de las cuales son interdependientes. Todo ello hace que la elaboración de los nuevos planes sea un proceso complejo. En este sentido, el objetivo del presente capítulo es explicar cómo se está desarrollando este nuevo proceso de planificación en España, y cuáles serán las implicaciones del mismo para el futuro desarrollo de la agricultura de regadío.

Con este propósito, tras esta sección introductoria, el siguiente apartado presenta la normativa española aprobada para regular el nuevo proceso de planificación en nuestro país. A continuación, en el tercer y cuarto apartados, se explican los objetivos, contenidos y proceso de elaboración de los nuevos planes hidrológicos y sus programas de medidas. El quinto apartado está dedicado a analizar la incidencia de los nuevos planes sobre la agricultura de regadío. Finalmente, el sexto apartado resume las conclusiones derivadas del trabajo.

## **2. El nuevo proceso de planificación hidrológica en España: normativa y calendario**

### **2.1. La normativa española**

La DMA se transpuso al Ordenamiento Jurídico español a través del artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y de orden social (ley de "acompañamiento" de los presupuestos generales del Estado para el año 2004). Como han señalado diversos autores (Caro-Patón, 2006; Delgado, 2004; Tirado, 2004), esta forma de trasponer la DMA a la legislación española fue precipitada, fruto de los ajustados plazos de transposición dispuestos por la norma europea y la falta de previsión del legislador español. En cualquier caso, lo que ahora interesa resaltar es que a través de la Ley de acompañamiento de los presupuestos se transpuso, de forma bastante literal, todo aquello que se consideró necesario para el rango de ley, dejando diversos temas que no requerían tal nivel para posteriores desarrollos reglamentarios. De esta manera se introdujeron importantes modificaciones en el texto refundido de la Ley de aguas (TRLA). De manera muy especial dichos cambios afectaron a su Título III, correspondiente al proceso de planificación hidrológica. Así se introdujeron, entre otros, los siguientes aspectos: a) la definición del nuevo concepto de demarcación hidrográfica, b) diversas

modificaciones en la administración pública del agua, con la creación de los Consejos del Agua de la Demarcación y los Comités de Autoridades Competentes, c) nuevos objetivos ambientales, que se añaden a los anteriormente dispuestos para la planificación hidrológica, d) la obligación de diseñar e implementar los programas de medidas para la consecución de tales objetivos, y e) la exigencia de considerar el principio de recuperación de los costes de los servicios del agua.

En todo caso, como se ha apuntado, para completar esta transposición se ha hecho necesaria la aprobación de posteriores reglamentos. Con este propósito, en primer lugar se publicaron los Reales Decretos 125 y 126/2007, de 2 de febrero. El primero de ellos fija el ámbito territorial de las *demarcaciones hidrográficas* españolas, que se ha ajustado en lo esencial a la anterior estructura de cuencas. Dichas demarcaciones hidrográficas determinan el ámbito geográfico de la planificación.

El proceso de planificación requiere igualmente el establecimiento de un comité de representantes de las distintas administraciones con competencias en materia hídrica, que fomente su colaboración y cooperación para la implementación eficaz de la política del agua en su demarcación. Con este fin se aprobó el segundo de los decretos antes comentados, que regula la composición, funcionamiento y atribuciones de los *Comités de Autoridades Competentes* (CAC) de las demarcaciones hidrográficas.

El *Reglamento de la Planificación Hidrológica* (RPH), aprobado por Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, completa el marco jurídico de la planificación, desarrollando los mandatos impuestos en la DMA que no fueron introducidos por las normas anteriores. El RPH establece los contenidos de los nuevos planes hidrológicos, así como los procedimientos para su elaboración y aprobación. No obstante, debido a que el proceso de elaboración de los planes es de gran complejidad técnica (comprende numerosos hitos y tareas interdependientes), se ha aprobado igualmente la *Instrucción de Planificación Hidrológica* (IPH), a través de la Orden Ministerial ARM/2656/2008, de 10 de septiembre. El objeto de esta instrucción es establecer criterios técnicos para la homogenización y sistematización de los planes hidrológicos a elaborar en cada demarcación conforme a lo establecido en el RPH.

## 2.2. Calendario del proceso de planificación

Con la aprobación de la normativa antes referida, se inició formalmente el nuevo ciclo de planificación hidrológica en julio de 2007, proceso que debería terminar antes del 31 de diciembre de 2009, fecha límite exigida en la DMA para la presentación de los nuevos planes a la Comisión Europea.

El Cuadro 1 presenta un esquema del proceso de planificación en forma de un calendario sintetizado que facilita la visualización de las principales etapas, indicando el momento de su implantación en el tiempo y las relaciones jerárquicas que existen entre ellas.

La puesta en marcha del proceso general ha requerido la preparación, para cada demarcación, de una serie de documentos iniciales. El primero de ellos es el *Estudio general sobre la demarcación hidrográfica*. Este informe es una actualización de los trabajos de caracterización de las demarcaciones realizados conforme a lo establecido en los artículos 5 y 6 de la DMA, que fueron ya presentados a la Comisión Europea en junio de 2005. Este documento recoge: a) una descripción general de las características de la demarcación, b) un resumen de las repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas, y c) un análisis económico del uso del agua.

El segundo de los documentos iniciales lo constituye el *Programa, calendario y fórmulas de consulta*. Se trata éste de un documento donde se exponen: a) los plazos obligatorios y las principales etapas e hitos del proceso de elaboración del plan hidrológico, b) el contenido y alcance de los documentos básicos del proceso de planificación, c) el sistema de participación y la organización de las fórmulas de consulta pública a lo largo del proceso de planificación, y d) el proceso de aprobación y revisión del plan.

El tercero y último de estos documentos iniciales es el *Proyecto de participación pública*, en el cual se presenta la organización y procedimiento a seguir para hacer efectiva la participación pública durante todo el proceso de planificación.

En cada demarcación, el conjunto de estos tres documentos iniciales ha sido elaborado por los distintos organismos de cuenca (confederaciones hidrográficas y agencias autonómicas del agua, según los casos) durante el primer semestre de 2007 (MIMAM, 2007b). En todos los casos, dichos documentos se han hecho públicos a través de sus respectivas páginas web. Así ha sido cómo estos se han sometido a consulta pública

durante un plazo de 6 meses (entre julio de 2007 y febrero de 2008). Como consecuencia de este proceso se han recibido diversas alegaciones, que han sido estudiadas e incorporadas a los documentos iniciales cuando así se ha considerado conveniente, estableciéndose de esta manera la redacción final de los mismos.

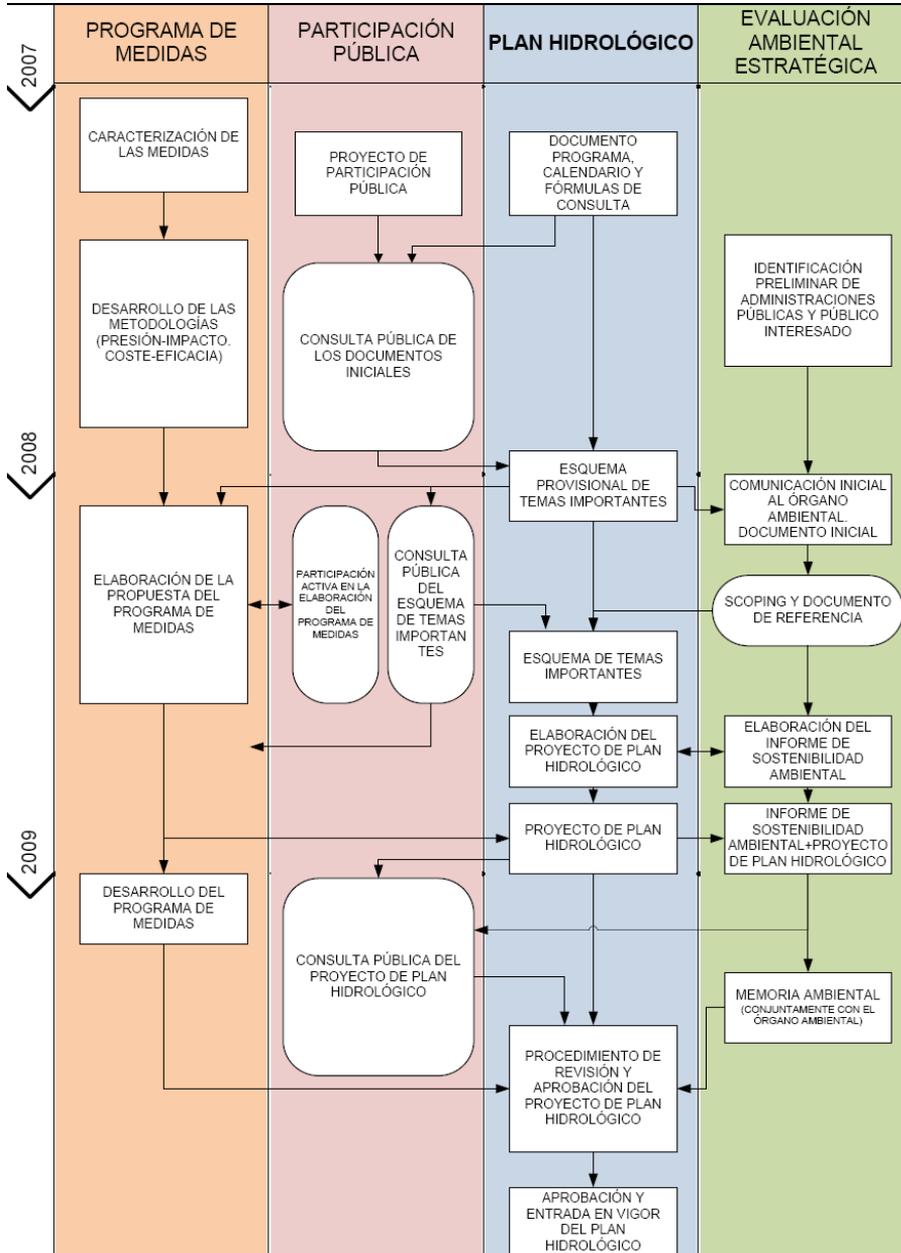
La siguiente etapa en el proceso de planificación ha consistido en la elaboración del *Esquema provisional de los temas importantes* (EPTI) por los diferentes organismos de cuenca. Este documento supone una etapa intermedia entre la caracterización de la demarcación y el proyecto del plan hidrológico, que tiene la finalidad de establecer cuáles son los principales asuntos que deberá tratar el futuro plan hidrológico. El objetivo principal del EPTI es resaltar los temas importantes y ayudar a involucrar en el proceso a todas las partes interesadas. Con este propósito este documento describe:

- Las principales presiones e impactos sobre las masas de agua, incluyendo los sectores y actividades que pueden suponer un riesgo para alcanzar los objetivos ambientales.
- Las posibles alternativas de actuación para conseguir los objetivos ambientales (instrumentos susceptibles de ser incorporados en el programa de medidas).

Los EPTI han sido terminados en la mayoría de las demarcaciones en julio de 2008, tras lo cual han podido ser consultados en las páginas web de los correspondientes organismos de cuenca. Estos documentos han sido igualmente sometidos a consulta pública durante un período de seis meses. Fruto de este proceso se están incorporando aquellas aportaciones recibidas que se han considerado adecuadas, siendo éste el proceso en el que nos encontramos a la hora de redactar este capítulo (marzo de 2009). Tras la consulta pública, el resultado final de esta etapa será la redacción definitiva del Esquema de temas importantes (ETI), que estará disponible durante la primavera de 2009.

El proceso de planificación continuará con la elaboración por parte de los organismos de cuenca del *Proyecto del plan hidrológico*. Dicho proyecto se remitirá a las partes interesadas para que se presenten, en el plazo de tres meses, las propuestas y sugerencias que consideren oportunas. Al mismo tiempo, las propuestas de planes hidrológicos estarán a disposición del público en las páginas web de los organismos de cuenca durante un plazo de seis meses, para la formulación de observaciones y sugerencias que se consideren convenientes. Ultimadas las consultas citadas, los organismos de cuenca realizarán

Cuadro 1. Diagrama general del proceso de planificación hidrológica



Fuente: <http://www.mma.es>

un informe sobre las propuestas, observaciones y sugerencias que se hubiesen presentado, e incorporará a la propuesta de proyecto de plan hidrológico las que en su caso se consideren necesarias. Por último, la propuesta del plan actualizada se remitirá al Consejo del Agua de la Demarcación (CAD), para que éste emita el preceptivo informe.

Con el informe del CAD, la propuesta del plan será elevada, con la conformidad del CAC, al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Finalmente, este ministerio elevará al Gobierno el plan hidrológico de las demarcaciones hidrográficas para su aprobación, si procede, como Real Decreto.

Descrito así el proceso de planificación, cabe concluir afirmando que es prácticamente imposible que éste termine antes de la fecha límite del 31 de diciembre de 2009 establecida por la DMA. Dado los períodos de consulta pública fijados para los proyectos de los planes hidrológicos, así como los requerimientos de informes de las diferentes instancias para su aprobación, es más que probable que la publicación definitiva de dichos planes no llegue hasta bien entrado el año 2010.

Teniendo en cuenta lo anterior, cabría reflexionar críticamente sobre el elevado grado de exigencia del proceso de planificación. Efectivamente, la complejidad de dicho proceso es la causa principal del dilatado plazo requerido para la elaboración y aprobación de los planes, así como de las demoras que se están produciendo. En este contexto debe apuntarse el riesgo de obsolescencia que tiene la información que sustenta dichos planes. Así, cabe indicar cómo los nuevos planes se están elaborando sobre una base informativa que, en el mejor de los casos, está actualizada hasta los años 2005 ó 2006. Sin embargo, en un mundo tan complejo y cambiante como el actual (devenir de las crisis energéticas y financieras o las continuas reformas de la política agraria común), es posible que los diagnósticos de los problemas y la viabilidad de las medidas propuestas para su solución tengan escasa utilidad cuando finalmente se consigan aprobar (año 2010), en la medida que la realidad entonces difiera significativamente de la situación considerada como base para su redacción.

## **2.3. La planificación hidrológica como un proceso cíclico e iterativo**

Los planes hidrológicos y sus programas de medidas deberán ser revisados seis años después de su aprobación, según establece la DMA. Así, deberán elaborarse nuevas versiones actualizadas de los planes y los programas de medidas aprobados tras el primer ciclo del proceso de planificación antes del 31 de diciembre de 2015, 31 de diciembre de 2021, etc. Para la realización de tales revisiones, los organismos de cuenca evaluarán, a partir de la experiencia adquirida, el grado de aplicación de los planes hidrológicos y de los programas de medidas previamente aprobados, sobre la base de los datos obtenidos de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua. De esta manera la planificación hidrológica se configura como un proceso cíclico e iterativo.

## **3. Los nuevos planes hidrológicos**

### **3.1. Objetivos**

La planificación hidrológica tendrá por objetivos generales conseguir: a) el buen estado y la adecuada protección de las aguas, b) la satisfacción de las demandas de agua, c) la armonización del desarrollo regional y sectorial con la protección ambiental, y d) la minimización de los efectos de las inundaciones y sequías. Para la consecución de estos objetivos, la planificación hidrológica se guiará por criterios de sostenibilidad en el uso del agua mediante la gestión integrada y la protección a largo plazo de los recursos hídricos, destacando en este sentido la prevención del deterioro del estado de las aguas, la protección y mejora del medio y de los ecosistemas acuáticos, y la reducción de la contaminación de las aguas.

### **3.2. Contenidos de los planes hidrológicos**

Según el RPH, los planes hidrológicos deberán contener obligatoriamente los siguientes capítulos:

- a) La descripción general de la demarcación hidrográfica.
- b) La descripción general de los usos, presiones e incidencias antrópicas significativas sobre las aguas.
- c) La identificación y mapas de las zonas protegidas.
- d) Las redes de control establecidas para el seguimiento del estado de las aguas y de las zonas protegidas, así como los resultados de este control.
- e) La lista de objetivos ambientales para las aguas superficiales, las aguas subterráneas y las zonas protegidas, incluyendo los plazos previstos para su consecución, así como la relación de excepciones y prórrogas establecidas en este sentido.
- f) Un resumen del análisis económico del uso del agua, incluyendo una descripción de las situaciones y motivos que puedan permitir excepciones en la aplicación del principio de recuperación de costes.
- g) Un resumen de los programas de medidas adoptados para alcanzar los objetivos previstos.
- h) Un registro de los programas y planes hidrológicos más detallados relativos a subcuencas, sectores o categorías de aguas, acompañado de un resumen de sus contenidos.
- i) Un resumen de las medidas de información pública y de consulta tomadas, sus resultados y los cambios consiguientes efectuados en el plan.
- j) Una lista de las autoridades competentes designadas.

## 4. El fundamento de los nuevos planes: los programas de medidas

### 4.1. Objetivos ambientales y programas de medidas

Como se ha comentado anteriormente, el nuevo proceso de planificación promovido por la DMA refuerza los *objetivos ambientales* a alcanzar a través de los planes hidrológicos. En este sentido debe destacarse cómo la normativa española exige que los organismos de cuenca elaboren una lista de objetivos ambientales para cada una de las masas de aguas, incluyendo los plazos previstos para su consecución. Son dichos objetivos los que deben alcanzarse a través de la ejecución de los planes hidrológicos.

Los objetivos ambientales establecidos en el TRLA pueden agruparse en una serie de tipos o categorías, según se traten de masas de aguas superficiales o subterráneas:

- Para las *aguas superficiales*:
  - Buen estado ecológico.
  - Buen potencial ecológico para las masas de aguas artificiales y muy modificadas p. ej., los embalses).
  - Principio de no-deterioro respecto al estado actual.
- Para las *aguas subterráneas*:
  - Buen estado cuantitativo: equilibrio entre las extracciones y las recargas.
  - Mejora del estado químico: prevención o limitación de la contaminación e inversión de toda tendencia al aumento de la concentración de cualquier contaminante.
  - Principio de no-deterioro respecto al estado actual.

Hay que destacar que cada uno de estos objetivos ambientales tiene su propio horizonte temporal de cumplimiento. Así, mientras que el principio general de no-deterioro se entiende aplicable desde la transposición y entrada en vigor de la DMA, la consecución del "buen estado" de las aguas se exige para el año 2015 en adelante.

Esta última obligación requiere realizar un diagnóstico del estado de las masas de agua y establecer la necesidad o no de tomar medidas para la consecución de tal objetivo. Dicho diagnóstico debe identificar el estado actual de las masas de agua, pero también identificar las tendencias de su evolución hasta 2015, de manera que no sólo se programen actuaciones para las masas en estado peor que bueno en la actualidad, sino para todas aquéllas en riesgo de no estar en buen estado para el 2015.

En los casos en que para la situación actual o para el escenario tendencial 2015 se verifique que existe riesgo de no alcanzar el buen estado de las aguas, será necesario considerar la aplicación de medidas. En este sentido, una *medida* se define como cualquier tipo de mecanismo que pueda utilizarse para alcanzar los objetivos ambientales de la planificación. El objetivo pues de las mismas es estrechar la 'brecha' entre el estado actual o tendencial de las masas de agua y el estado objetivo previamente establecido.

Los objetivos ambientales del buen estado de las masas de agua deben cumplirse siempre que no se justifique debidamente una exención. El RPH establece las situaciones específicas en las que se puede exceptuar el cumplimiento de dicho objetivo en 2015. En tales circunstancias excepcionales se deberán definir alguno de los objetivos alternativos siguientes:

- Una prórroga de plazo del cumplimiento del buen estado de hasta dos ciclos de planificación, es decir, hasta el año 2027.
- Un objetivo menos riguroso (consecución de un estado "aceptable").
- Objetivos distintos para masas de agua muy modificadas o artificiales.

Las razones que permiten justificar el planteamiento de objetivos alternativos deberán quedar en todo caso claramente expuestas en el plan hidrológico. Para esta justificación se utilizarán datos técnicos, socioeconómicos y ambientales que permitan descartar el cumplimiento de los objetivos ambientales estrictos.

## 4.2. Diseño y operatividad de los programas de medidas

A la hora de diseñar un programa de medidas, la DMA establece la necesidad de emplear los criterios de *coste-eficacia* (alcanzar los objetivos establecidos a un coste mínimo) y de *participación activa del público*. La información generada en estos dos procesos está destinada, en primer lugar, a los técnicos de los organismos de cuenca que han de elaborar los programas, al objeto que estos puedan realizar una correcta selección de las medidas (combinación más adecuada de las mismas para el logro de los objetivos ambientales). En segundo lugar, tal información es igualmente relevante para los decisores políticos que finalmente tienen la responsabilidad de aprobar los planes hidrológicos y sus respectivos programas de medidas.

Para aplicar el *análisis coste-eficacia* (ACE) es necesario analizar inicialmente cada una de las medidas que potencialmente pueden emplearse para alcanzar los objetivos ambientales. Posteriormente, esta primera selección de actuaciones debe caracterizarse pormenorizadamente en cuanto a sus consecuencias socioeconómicas (costes asociados) y ambientales (eficacia en la consecución de objetivos), al objeto de proporcionar una herramienta de evaluación estratégica de alto nivel que ayude a seleccionar el conjunto de medidas que resulte más eficaces y eficientes.

Si de este análisis se evidenciase que los costes necesarios para alcanzar los objetivos ambientales en determinadas masas de agua son excesivamente elevados ("*costes desproporcionados*" empleando el lenguaje de la DMA), tal circunstancia permitirá justificar una exención en relación al logro del buen estado, pudiéndose plantear para dichas masas un aplazamiento para el logro del buen estado o un objetivo menos riguroso.

El trabajo de Berbel *et al.*, en este mismo libro desarrolla en detalle la aplicación del ACE durante el diseño del programa de medidas, así como los criterios para determinar la existencia de costes desproporcionados. Remitimos a este capítulo a todo lector interesado en profundizar en ambos temas.

Además de elaborar los programas de medidas, los organismos de cuenca deberán asegurar que las medidas de las que son responsables (como ejecutores o reguladores) sean aplicadas una vez aprobado el plan. No obstante, debe comentarse que los programas contendrán igualmente medidas que no son competencia de los organismos de cuenca, y que también deben ser aplicadas, en este caso por las correspondientes

administraciones competentes. Por este motivo es fundamental que durante el proceso de planificación, los organismos de cuenca trabajen conjuntamente con las estas otras administraciones (en especial con los departamentos autonómicos de medioambiente y agricultura, como gestores de la política ambiental y agraria en sus regiones, y las administraciones locales, responsables del abastecimiento urbano), al objeto de decidir conjuntamente qué combinaciones de medidas se incorporan en los programas de medidas, y qué tipo de mecanismos se necesitan para su implantación y control. En este mismo sentido, una vez aprobados los planes y sus programas de medidas, será responsabilidad de los organismos de cuenca el coordinar al resto de administraciones competentes (estatales, autonómicas y locales) para asegurar la implementación de todas las medidas consideradas en dichos planes.

Para terminar este apartado conviene comentar que, si bien el planteamiento legislativo establecido en relación a la elaboración y puesta en funcionamiento de los programas de medidas resulta coherente y técnicamente válido, mucho es de temer que su aplicación al mundo real presente serias complicaciones. Efectivamente, la actual fragmentación competencial de las políticas relacionadas con la gestión del agua en nuestro país es un grave inconveniente para la aprobación de dichos planes, sobre todo cuando se requiera la concertación institucional de diferentes comunidades autónomas (demarcaciones hidrológicas intercomunitarias). En este sentido, es muy probable que en los próximos meses, cuando se comiencen a debatir los contenidos concretos de los programas de medidas, resurjan con virulencia los conflictos territoriales (entre comunidades autónomas, e incluso entre provincias y comarcas) y sociales (p. ej., entre agricultores y grupos ambientalistas) ya claramente visibles y activos. En tales circunstancias los acuerdos políticos en el seno de los CAC serán extremadamente complicados, lo que retrasará, en el mejor de los casos, la aprobación de los planes y sus respectivos programas de medidas.

## 5. La planificación hidrológica y la agricultura de regadío

Para analizar las implicaciones del nuevo proceso de planificación hidrológica para la agricultura de regadío resulta oportuno revisar los documentos que dicho proceso ha ido generado hasta el momento, y muy especialmente los aparecidos en último lugar; los *Esquemas Provisionales de temas importantes* (EPTI). En los EPTI, como se ha comentado, se encuentran reseñadas aquellas cuestiones de calado que ponen en riesgo el cumplimiento de los objetivos de la planificación y que, por tanto, van a constituir el *leitmotiv* de los planes hidrológicos y sus programas de medidas. Asimismo, en estos documentos se recogen ya una primera relación de medidas potencialmente útiles para evitar estos incumplimientos.

Con el propósito anteriormente indicado se han analizado los EPTI de las demarcaciones donde se localiza la mayor parte del regadío español. Concretamente nos referimos a las del Guadalquivir (23,1% de la superficie regada a nivel nacional), Ebro (16,7%), Guadiana (13,7%), Duero (12,1%), Segura (8,0%) y Tajo (5,8%), según datos del MIMAM (2007a). La demarcación de Júcar, también una de las más relevantes en cuanto a superficie regada (10,5%), no ha podido considerarse, dado que su EPTI no estaba todavía a disposición del público a la fecha de elaboración de este capítulo. En cualquier caso, el análisis realizado de las 6 demarcaciones referidas creemos resulta altamente significativo, dado que en conjunto cubren el 80% del regadío español.

### 5.1. Los temas importantes relacionados con el regadío

Todos los EPTI de las demarcaciones analizadas clasifican los temas importantes en cuatro categorías temáticas: a) incumplimientos de los objetivos ambientales, b) atención de las demandas y racionalidad del uso, c) seguridad frente a fenómenos meteorológicos extremos, y d) conocimiento y gobernanza. Dada la relevancia del regadío como principal usuario del agua en estas demarcaciones, todas estas temáticas están relacionadas de una u otra forma con este tipo especial de agricultura.

En cualquier caso, es relevante resaltar cómo el estudio de las cuestiones planteadas en relación al regadío en los EPTI permite afirmar que los aspectos reseñados para las diferentes demarcaciones consideradas resultan ser en buena medida coincidentes.

Efectivamente, la mayoría de los problemas de la gestión del agua de riego son comunes para todo el territorio nacional, si bien es cierto que la magnitud de los mismos resulta ser diferente según los casos.

### ***Incumplimiento de los objetivos ambientales***

Las presiones de origen agrario que mayores impactos generan y que, como consecuencia, dificultan el logro de los objetivos ambientales, son las siguientes:

1. *Excesiva detracción de caudal en los ríos.* Las extracciones para la atención de las demandas consuntivas del regadío están provocando que numerosos tramos de ríos tengan su régimen hidrológico disminuido y fuertemente alterado, con incumplimiento del régimen de caudales.
2. *Excesiva detracción de acuíferos.* Numerosas masas de aguas subterráneas están siendo sometidas a una intensa explotación por la agricultura de regadío, induciendo descensos de los niveles piezométricos y, con ello, afecciones ambientales a sistemas hídricos superficiales relacionados (p. ej., los humedales).
3. *Contaminación difusa.* La contaminación de origen agrario se produce de manera difusa por escorrentía superficial y subterránea, y de manera puntual por los retornos de los sistemas de riego. Se genera fundamentalmente por el exceso de nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos, procedentes de los abonos, y por los productos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades.

### ***Atención de demandas y racionalidad del uso***

El principal problema cuantitativo ligado a la atención de la demanda se deriva de la insuficiencia de recursos hídricos regulados disponibles para cubrir las demandas solicitadas. Esta circunstancia se deja sentir especialmente sobre el regadío, cuya situación deficitaria de recursos resulta evidente en la actualidad en numerosas zonas regables, en las cuales se incumplen los criterios de garantía que indica la IPH para considerar que la demanda se atiende adecuadamente.

Pero lo más grave es que la situación se prevé que empeore significativamente para el horizonte de 2015, dada la existencia de planes de transformación en nuevo regadío planteados por las administraciones competentes (nacional y autonómicas). Por ejemplo,

en la cuenca del Ebro se prevé para este horizonte temporal la transformación de 231.000 nuevas hectáreas de regadío, en el Duero 149.740 hectáreas, 31.000 hectáreas en el Guadalquivir, etc. Además hay que tener en cuenta que para este mismo horizonte temporal deberán respetarse el régimen de caudales (también conocidos como 'caudales ecológicos') establecidos para la consecución del buen estado de las masas de agua, lo que supondrá una disminución sustancial de los recursos considerados hasta ahora como disponibles. Ambas circunstancias agravarán la situación de déficit en los diferentes sistemas de explotación hidrológica. Con estas consideraciones, la garantía de suministro y satisfacción de la demanda de regadío es muy difícil que pueda ser cubierta en el futuro. En estas circunstancias, las nuevas transformaciones en regadío deberán ser analizadas para verificar la disponibilidad de recursos existentes. Sólo aquellos proyectos para los que se verifique tal disponibilidad podrán ser incluidos de forma efectiva dentro de los programas hidrológicos.

### ***Fenómenos meteorológicos extremos (sequías)***

La sequía es una singularidad climática, natural y transitoria, que se registra como un periodo anormalmente seco y suficientemente prolongado que da lugar a la escasez de agua. En este sentido todas las demarcaciones analizadas destacan cómo la sequía es un fenómeno recurrente, que compromete la disponibilidad de recursos hídricos para atender las demandas y satisfacer las necesidades ecológicas de los ríos.

### ***Conocimiento y gobernanza***

A la hora de afrontar la preparación y desarrollo de los planes hidrológicos, los organismos de cuenca constatan dos dificultades importantes. La primera de ellas es la falta de seguridad en la cuantificación de determinados datos básicos y sensibles que afectan substancialmente a la evaluación del estado de las masas de agua. Entre estas *carencias de conocimiento* cabe señalar las relativas a: a) la estimación de los recursos disponibles, b) los usos y volúmenes detraídos, c) las eficiencias de sistemas de riego y retornos en el uso agrícola, y d) la existencia de aprovechamientos sin derecho o de derechos dobles.

La segunda de las dificultades aludidas tiene que ver con aspectos que generan debilidades en cuanto a la *gobernanza* o capacidad de gestión, entre las que pueden destacarse: a) la multiplicidad de administraciones en las demarcaciones con competencias sobre el agua, que puede conducir a falta de coordinación y menoscabo de la unidad

de cuenca, b) la debilidad en la capacidad de control del cumplimiento de las concesiones, y c) la falta de capacidad administrativa, que provoca grandes demoras la resolución de los procedimientos.

## **5.2. Posibles alternativas de actuación**

Ante el conjunto de problemas descritos en el apartado anterior, se han propuesto diferentes medidas alternativas para su solución. A continuación hacemos una relación de aquellas más relacionadas con la agricultura de regadío que han sido aludidas de manera recurrente en la mayoría de los EPTI analizados.

### ***Medidas para el cumplimiento de los objetivos ambientales***

#### *Medidas para evitar la excesiva detracción de ríos y acuíferos:*

- Control de los volúmenes utilizados por usuarios individuales.
- Actualización de la estructura de las tarifas de riego.
- Actualización del Registro de Aguas y regularización de concesiones.
- Revisión de concesiones.
- Ofertas públicas de adquisición de derechos concesionales.
- Contratos de cesión de derechos al uso privativo de aguas.
- Modificaciones legislativas para facilitar las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua.
- Mejora de la regulación de la red de riego en alta.
- Mejora de la eficiencia en el transporte del agua: mejora de las redes de tuberías, reparación de revestimientos en conducciones a cielo abierto, revestimiento de conducciones a cielo abierto en tierra, entubación de conducciones a cielo abierto.
- Mejora de la eficiencia en la aplicación del agua: adecuación del riego por gravedad, sustitución del riego por gravedad por riego por aspersión, sustitución del riego por aspersión por riego localizado.

- Incremento del personal de guardería para control de extracciones.
- Incremento de los recursos disponibles mediante la construcción de grandes embalses que aumenten la regulación general de las cuencas.
- Incremento de los recursos disponibles mediante obras de regulación y conducción, tratamiento de reutilización y desalación de agua marina y aguas salobres.
- Incremento de los recursos disponibles mediante almacenamiento de aguas de invierno dentro de los propios sistemas demandantes con elementos tales como balsas o pequeños embalses fuera de la red fluvial.
- Constitución de comunidades de usuarios de aguas subterráneas o uso conjunto.
- Establecimiento de normas para las extracciones y el otorgamiento de concesiones en masas de agua subterráneas.
- Sustitución de captaciones individuales por comunitarias en masas de agua subterránea.
- Reducción de la superficie en regadío, en particular en aquellas zonas poco productivas y con escasas posibilidades de modernización.
- Implantación y utilización de sistemas de asesoramiento al regante.
- Fomento de la implantación de producciones agrícolas adaptadas.
- Ampliación y difusión de códigos de buenas práctica en la agricultura.
- Introducción de la condicionalidad para acceder a ayudas públicas en explotaciones agrarias.

La implementación de una combinación de estas medidas debe posibilitar el cumplimiento de los *regímenes de caudales*. En caso que eso no sea así, deberán desarrollarse estrategias de actuación específicas basadas en procesos de concertación, que tendrán como objetivo compatibilizar los derechos al uso del agua con el mantenimiento del régimen de caudales que se establezca. Se trata sin duda de una actuación compleja, cuya solución final pasará en muchas ocasiones por el recorte de derechos legalmente establecidos (revisión de concesiones de agua). En estos casos deberá realizarse de acuerdo con lo dispuesto en la legislación general de expropiación forzosa.

*Medidas para evitar la contaminación difusa:*

- Impulso y mejora de la eficacia de los códigos de buenas prácticas agrarias.
- Fomento de la reducción de las dosis de fertilizantes y fitosanitarios.
- Fomento del empleo de fertilizantes y fitosanitarios menos contaminantes.
- Fomento de la realización de chequeos ambientales de los regadíos.
- Controles de calidad de los retornos de los regadíos.
- Definición de protocolos de actuación ante contaminación accidental.
- Instalación de puntos de recogida de envases de productos fitosanitarios.

***Medidas para atender las demandas***

Las soluciones alternativas o complementarias contempladas para mejorar la garantía de suministro de los regadíos actuales y para atender las nuevas demandas son, esencialmente, las mismas que se planteaban para evitar la excesiva detracción de ríos y acuíferos. En definitiva, éstas pasan por actuar en dos vías: reducir de la demanda de riego e incrementar de la disponibilidad de recurso.

***Medidas para la mitigación de los efectos de las sequías***

Las medidas para afrontar los efectos de las sequías vuelven pasar por reducir de la demanda de riego. Por tanto, las soluciones alternativas planteadas en los EPTI vuelven a ser las mismas que las indicadas anteriormente para evitar la excesiva detracción de ríos y acuíferos.

En este sentido, cabe comentar que todos los organismos de cuenca cuentan desde el año 2007 con planes especiales de actuación ante situaciones de sequía, que establecen un sistema de indicadores objetivo para la identificación del fenómeno y un conjunto de medidas de activación progresiva según incida la sequía en los distintos sistemas de explotación.

### **Medidas para mejorar el conocimiento y gobernanza**

Las medidas planteadas para solucionar las cuestiones relacionadas con el conocimiento y gobernanza pasan por desarrollar soportes de información consolidados y por la implementación eficiente de los procesos de concertación institucional y de participación pública ya planteados en la normativa española de desarrollo de la DMA.

## **6. Conclusiones**

La implementación de la DMA exige la elaboración de unos nuevos planes hidrológicos para las diferentes demarcaciones hidrográficas, que tendrán como objetivos la consecución del buen estado de las aguas, la satisfacción de las demandas de agua y el equilibrio del desarrollo socioeconómico con el medio ambiente. La preparación de dichos planes se ha iniciado en 2007 con la presentación de los documentos iniciales de la planificación. Este proceso se ha continuado con la preparación de los Esquemas provisionales de temas importantes. El siguiente paso lo constituirá la presentación de los proyectos de los planes hidrológicos, que deberían hacerse públicos a lo largo de 2009.

La incidencia de los programas de medidas sobre la agricultura de regadío será importante, especialmente en aquellas zonas regables donde la compatibilidad entre agricultura y medioambiente es más conflictiva, tanto en el plano cuantitativo (escasez relativa de recursos) como cualitativo (problemas de contaminación de masas de agua). Las opciones disponibles para lograr el buen estado de las masas de agua afectadas por el regadío son múltiples: medidas de optimización de la oferta, mejora de la eficiencia técnica, optimización de la superficie de riego y cultivos, o la mejora del uso de fertilizantes y fitosanitarios. La selección de las mismas se realizará en cada demarcación sobre la base del análisis coste-eficacia. En cualquier caso, su implementación determinará nuevas exigencias (costes) para este subsector agrícola, lo que indudablemente se traducirá en nuevas formas de producción (cambios tecnológicos y de orientaciones productivas) más eficientes y sostenibles.

De esta manera la aplicación de la DMA supone un verdadero reto para las administraciones hidráulicas españolas, en la medida que debe conseguir el buen estado de las masas de agua sin que con ello se dificulte la continuidad del regadío, habida cuenta de la importancia que este sector tiene para la viabilidad económica y social de buena parte de

las zonas rurales. La clave de ello estará en el diseño de unos programas de medidas para la consecución de los objetivos ambientales propuestos, pero que no condicionen en exceso las rentas de los agricultores, ya de por sí muy mermadas en los últimos años. Con este propósito, posiblemente habrá que proponer algunas exenciones en la consecución de objetivos (en las zonas regables más degradadas ambientalmente del sur y levante peninsular) y/o plantear algunas excepciones en la aplicación del principio de recuperación de costes (para las zonas regables del interior). En este sentido la nueva planificación hidrológica debe plantearse como una constante búsqueda de soluciones compromiso entre objetivos ambientales y objetivos socioeconómicos.

## Referencias Bibliográficas

- Caro-Patón, I. (2006). "La Directiva Marco de Aguas y su transposición al Derecho español: análisis jurídico general". *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, 9: 37-57.
- Delgado Piqueras, F. (2004). "La transposición de la Directiva Marco de Aguas en España". *Revista de Administración Pública*, 165: 181-213.
- Gómez-Limón, J.A. (2007). "DMA y agricultura. Cuestiones económicas, ambientales, sociales y territoriales". *Ingeniería y Territorio*, 80: 56-63.
- Gómez-Limón, J.A. (2008). "El regadío en España". *Papeles de Economía Española*, 117: 86-109.
- MIMAM, Ministerio de Medio Ambiente (2007a). *El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua en España. Artículo 5 y Anejo III de la Directiva Marco de Agua*. MIMAM, Madrid.
- MIMAM, Ministerio de Medio Ambiente (2007b). *Planificación hidrológica. Síntesis de los estudios generales de las demarcaciones hidrográficas en España*. MIMAM, Madrid.
- Tirado Robles, C. (2004). *La política del agua en el marco comunitario y su integración en España*. Thompson-Aranzadi, Cizur Menor.



# El análisis coste-eficacia en los programas de medidas de la DMA

*Julio Berbel, Pascual Mesa y Julia Martín-Ortega*

## 1. Antecedentes: la economía en la DMA

La Directiva Marco de Aguas (DMA) se apoya en la economía como disciplina clave para alcanzar sus objetivos, siendo precisamente esta orientación uno de los aspectos más novedosos e interesantes de la misma. Los instrumentos y principios económicos se integran en el proceso de política de agua como herramientas para la toma de decisiones, respondiendo a la necesidad de una regulación integrada para alcanzar una gestión sostenible de los recursos hídricos (Gómez, 2006).

El Cuadro 1 detalla los artículos y áreas en las que interviene el análisis económico en la implementación de la DMA, existiendo dos fases diferenciadas en este proceso. La *primera fase*, ya concluida, comprende la caracterización económica de los usos del agua y construcción del escenario de tendencias, así como el estudio de recuperación de costes de los servicios del agua e identificación de las masas de agua altamente modificadas. La *segunda fase*, que se encuentra actualmente en marcha, se centra en la aprobación del Programa de Medidas (PdM).

Los resultados de la primera fase de implementación de la DMA se pueden consultar en cada Demarcación Hidrográfica y en la síntesis de MIMAM (2007a y 2007b). En cuanto a la segunda fase, se pueden consultar los documentos del "Esquema de Temas Importantes". El artículo 11 de la DMA establece que los Estados Miembros deben velar por que se establezca para cada demarcación hidrográfica un PdM (medidas básicas y complementarias) con el fin de alcanzar los objetivos establecidos en el artículo 4. El Plan de medidas en cada cuenca incorporaría aquellas actuaciones ya contempladas en

**Cuadro 1. Integración del análisis económico en la Directiva Marco del Agua**

<b>Artículo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Método de análisis</b>
Art. 5	Caracterización usos	Análisis regional
Art. 9 y anexo III	Estimación de la recuperación de costes	Contabilidad de costes Hacienda pública
Art. 11, anexo III y Art. 5	Elección de las medidas según análisis coste-eficacia	Análisis coste-eficacia
Art. 4	Argumentos para definir costes desproporcionados	Análisis coste-beneficio

Fuente: Elaboración propia a partir del texto de la DMA.

las Directivas de calidad anteriores (códigos de buenas prácticas agrícolas, plantas de depuración o, entre otros, límites de vertido), y añadiría nuevas medidas cuando el análisis del escenario tendencial para el año 2015 detectara que el cumplimiento de las Directivas en vigor no es suficiente para alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua.

## 2. Análisis coste-eficacia y coste-beneficio en un contexto multicriterio

La complejidad del mundo natural y social acarrea importantes dificultades en el proceso de toma de decisiones en la planificación de recursos hídricos por lo que el análisis económico tradicionalmente se ha limitado a elaborar el análisis financiero 'ex ante' de las infraestructuras previstas o bien al análisis ex-post de los diferentes proyectos o programas de actuación. Sin embargo, el empleo de técnicas multicriterio (Romero, 1993) ha sido cada vez más frecuente. Gómez-Limón *et al.*, (2007b) hacen una amplia revisión de las aplicaciones.

Sin embargo, la DMA ignora estas técnicas y, presionada por la urgencia de las decisiones y la falta de información, adopta soluciones reduccionistas, proponiendo el coste-eficacia (ACE) como método general y en casos excepcionales el análisis coste-beneficio (ACB) (Wateco, Comisión Europea, 2003). El ACE se fundamenta en la comparación de la reducción del impacto sobre el medio acuático (evolución positiva del indicador en cuestión) con el coste anual equivalente (financiero) de la medida. Por el contrario, el ACB se propone como un instrumento para tratar la posible derogación o prórroga de los objetivos ambientales. A continuación profundizamos en ambos aspectos.

El artículo 4 de la DMA, en el que se fijan los objetivos ambientales de la Directiva, permite la derogación de dichos objetivos cuando éstos no puedan conseguirse por motivos de viabilidad técnica o por entrañar costes desproporcionados. Las excepciones posibles en los objetivos de la DMA por motivos de costes desproporcionados pueden justificarse por dos argumentos diferentes: que los costes sean desproporcionados respecto a la capacidad financiera para asumirlos, o que los costes del plan sean desproporcionados con relación a los beneficios que supone la mejora en la calidad ambiental (o bien la simple inviabilidad técnica).

En el primer caso, se trata de un problema de capacidad financiera que depende del modo en que se repercutan los costes del Plan de Cuenca sobre los usos del agua, y que sólo justificaría el aplazamiento de los objetivos ambientales (Gómez, 2006). Hay algunos temas abiertos al debate a este respecto ya que, si bien parece existir (a nuestro criterio) consenso en la Comisión sobre que la falta de capacidad financiera pública o privada pueda servir de base para justificar prórrogas, no queda claro que esta falta de fondos pueda justificar la declaración de "Objetivos Menos Rigurosos". En la legislación española (concretada en la instrucción de la planificación hidrológica IPH<sup>1</sup>, en la cual se define la metodología a seguir en la implementación de la DMA), no se aclara este concepto<sup>2</sup>.

En el segundo caso, la desproporción surge al comparar las ventajas de los planes de cuenca con sus costes, y puede conllevar una posible rebaja de los objetivos del buen estado. El artículo 4 detalla que será necesario realizar un análisis coste-beneficio (ACB)<sup>3</sup>, en el que se incluyan los costes y beneficios sociales completos asociados con las medidas. A la postre, se tratará de una decisión política en la que no siempre será obvio identificar la desproporcionalidad pero, en cualquier caso, será premisa necesaria haber estimado los beneficios totales derivados del buen estado ecológico, incluidos los beneficios ambientales que no tienen reflejo en el mercado.

---

<sup>1</sup> Orden MARM/2656/2008 de 10 septiembre por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. BOE núm. 229, de 22 de septiembre de 2008.

<sup>2</sup> En la IPH se establece que se deberá comprobar que no existe la posibilidad de utilizar mecanismos de financiación alternativos (redistribución de costes entre usuarios, presupuestos públicos, fondos europeos, etc.) a la escala adecuada. Cuando no existan instrumentos para repercutir los costes a los usuarios se comprobará si los gastos superan la capacidad presupuestaria de los entes públicos responsables.

<sup>3</sup> También se contempla una justificación de la "por motivos de viabilidad técnica o de costes desproporcionados".

Recurrir al ACB implica asumir que la reducción a valores monetarios puede ser una herramienta útil para la toma de decisiones en la gestión de recursos naturales como el territorio o el agua por lo cual la DMA lo reserva exclusivamente para casos muy puntuales (declaración de excepcionalidad), mientras que como norma general la DMA propone el uso del análisis coste-eficacia (ACE) de las medidas como alternativa para evitar la "monetarización" y complejidades del ACB. Con el ACE se genera una lista de medidas ordenadas por el ratio coste anual equivalente/reducción de impactos (o presiones). La redacción de la IPH (Apartado 8.3) española sigue este enfoque. Desde el punto de vista metodológico, esto supone una cierta ordenación lexicográfica a través de la cual se pretende minimizar el coste financiero una vez que se alcanza la meta ambiental fijada para cada masa de agua; ver por ejemplo Kranz *et al.*, (2004) para un caso en Alemania.

El enfoque lexicográfico, impide el análisis de 'trade-offs' entre objetivos ambientales y sociales, que enriquece el análisis y mejora el proceso de decisión y de participación pública. Martínez-Alier *et al.*, (1998) proponen la valoración multicriterio como un método más idóneo para abordar este tipo de problemas. Pero hay algo más, aunque 'aparentemente' se ha optado por el ACB para definir la excepcionalidad, al estudiar los ejemplos disponibles de aplicación de la DMA para el análisis de costes desproporcionados, las soluciones prácticas que aportan los manuales de aplicación de los distintos estados miembros en este tema no se ponen de acuerdo, optando por un simple indicador ya sea monetario como "pérdida de renta superior al 20%", o social: "pérdida de empleos superior al 10%".

En el caso del Reino Unido, Baker *et al.*, (2007) optan por una solución monetaria aunque más elaborada, ya que comparan el coste total de las medidas con el valor de los beneficios de la implementación de la Directiva, que se han evaluado por medio de métodos de valoración de bienes ambientales como el experimento elección, y que han generado unos valores per cápita de referencia. Brouwer (2008) propone para Holanda el uso de valoración contingente para el mismo objetivo. En este punto, conviene señalar que los Estados Miembros apenas han prestado atención a la estimación de los beneficios ambientales de la DMA (World Wide Fund for Nature and European Bureau, 2006) -para ver un resumen de las iniciativas europeas en este sentido, se puede consultar Martín-Ortega *et al.* (2009)-, a pesar de que su rol es crucial para la meta última de la norma Europea. Esto es aún más cierto para el caso de los beneficios ambientales que no tienen reflejo en el mercado (Bateman, 2006). El desarrollo de los costes y beneficios ambientales y del recurso, la metodología de su cálculo y su utilidad para el ACB quedan fuera del objetivo

de este documento y se recomienda al lector interesado la lectura de Martín-Ortega y Berbel (2008), Martín-Ortega *et al.*, (2009), Baker *et al.*, (2007), Brouwer *et al.*, (2009). En consecuencia, también para los costes desproporcionados se está utilizando un enfoque monocriterio de tipo lexicográfico, aplicado de manera desigual en los distintos Estados Miembros. No siempre se aplica en el marco de un análisis ortodoxo global, ya sea dentro del paradigma del ACB o bien dentro del paradigma del análisis multicriterio (Gómez-Limón *et al.*, 2007a). Para un análisis de los criterios aplicables para declaración de excepciones al principio de recuperación de costes, puede consultarse Maestu y Berbel (2009).

Como se pone de manifiesto en esta discusión, desde el punto de vista científico sería recomendable ampliar el espectro, y analizar las medidas propuestas en la práctica por los Estados como casos particulares dentro de un abanico más amplio de los métodos multicriterio y multiatributo (Munda, 2006). No obstante, el propósito de este capítulo es el de revisar la práctica del análisis ACE en el contexto de la aplicación de la DMA con especial atención al caso de las medidas de ahorro de agua en el regadío, donde ilustraremos la discusión con un caso del Guadalquivir.

### **3. Componentes del análisis coste-eficacia**

#### **3.1. Programa de medidas**

Se entiende por *medida* la intervención concreta que se dirige a la consecución del objetivo (p.ej. modernización de regadíos), y se materializa en actuaciones específicas que pueden incluir programas de gestión o técnicas y pueden requerir o no modificaciones normativas (p.ej. en la modernización la medida se compone de cambios técnicos y organizativos, así como instrumentos financieros-subvenciones, financiación).

Una vez que se dispone de la lista de medidas posibles, éstas deben ser analizadas en función de su coste y eficacia.

### 3.2. Coste de las medidas

A efectos de este análisis, se define *coste* como el coste directo de la medida, incluyendo: costes de inversión anualizados, coste de mantenimiento y otros costes económicos. El nivel de cálculo de coste es relevante, ya que por ejemplo, cuando se trabaja a escala local, las subvenciones forman parte de la renta agraria, por lo que si una medida reduce el importe de las subvenciones cobradas localmente, esto se consideraría un coste de la medida, mientras que si el análisis se realiza a escala nacional o europea, ni las subvenciones ni los impuestos se consideran coste ya que constituyen una transferencia interna dentro del Estado o de la Unión Europea.

Se puede diferenciar entre el *coste económico* y el *coste local* de las medidas. A escala local hay que analizar los costes indirectos que tienden a ser importantes, aunque los efectos de arrastre se suelen analizar a escala regional (p.ej. tablas I/O), una reducción de la actividad económica puede tener un impacto amplificado en determinadas economías locales. A escala nacional se debe eludir la contabilización de las transferencias: impuestos y subvenciones. Para evitar ambigüedades, como regla general se opta por usar, como estimador del coste de la medida, el coste directo presupuestario y financiero, tanto de la administración como de los agentes económicos, y el coste de los factores.

Una vez fijado el nivel de análisis, que en principio suele ser el nivel local, se definen dos tipos de costes: los *costes directos*, que incluyen el valor de todos los bienes y servicios que son consumidos en el desarrollo de una determinada medida, tanto públicos (financiados con presupuesto público) como privados (ya sea por financiación o por pérdida de renta de los agentes privados), y los *costes indirectos*, que son costes generados por la medida pero soportados por el resto de la economía o de la sociedad por los efectos de arrastre que amplifiquen la pérdida directa de producción. Por ejemplo Berbel y Gutiérrez, (2004) estiman un efecto multiplicador para el regadío del Guadalquivir de 1,4 lo que implica un efecto de arrastre del regadío de un 40% adicional sobre el resto de la economía regional. Los demás sectores afectados por la aplicación de la DMA (turismo, energía, etc.) deben tener así mismo su efecto multiplicador.

El análisis coste-eficacia se realiza considerando primero los costes directos de las medidas, sobre los que hay una gran incertidumbre en muchos casos. El coste directo valorado al coste de los factores y la escala local constituyen el enfoque aconsejable, y su cálculo es el siguiente:

$$CAE = I * \alpha_{n,i} + CM + \Delta R \quad [1]$$

Donde:

CAE = Coste anual equivalente

I = Inversión

$n,i$  = factor de amortización e intereses anual, para un periodo  $n$ , a una tasa de descuento  $i$

CM = Coste de mantenimiento y explotación (recurrente)

Otros criterios a considerar para analizar las medidas serían:

R = Ganancia o reducción de costes ( $>0$ ), o pérdida neta de renta o aumento de costes ( $<0$ ).

### 3.3. Eficacia de las medidas

A efectos de este análisis, se define *eficacia* de una medida como la reducción del impacto que es objeto de análisis. Un ejemplo puede ser la reducción en agua neta extraída de una masa. Hay otros casos en los que, ante la imposibilidad de trabajar con el impacto (como es, por ejemplo, el incremento de concentración del Nitrógeno presente en aguas superficiales), se trabaja con la presión (por ejemplo: incremento del Nitrógeno vertido en aguas superficiales). Usualmente la eficacia viene medida a través de una variable continua, aunque sería posible en algún caso describir la eficacia como la probabilidad de alcanzar el resultado positivo, pero esta segunda interpretación no se utiliza en este estudio del Guadalquivir.

## 4. El ACE en la práctica de la DMA

La norma española (IPH) define como obligatorio el análisis coste-eficacia en todos los PdM. En ella se apuntan las siguientes aclaraciones:

- Para cada medida que pueda ser incluida en el programa, se estimará su coste y su eficacia en términos de mejora del indicador del correspondiente elemento de calidad. Para cada medida se calculará el índice coste-eficacia, como cociente entre el coste anual equivalente de la medida y la mejora conseguida. Para cada indicador se ordenarán las medidas que le afecten de menor a mayor índice coste-eficacia, seleccionándose las medidas de menor índice que resulten suficientes para alcanzar un valor de dicho indicador acorde con los objetivos ambientales fijados<sup>4</sup>.
- La eficacia se evaluará preferentemente mediante la reducción de los impactos medidos en las masas de agua, pudiendo ser evaluadas mediante la reducción de las presiones que sufren dichas masas, alternativa que será válida ante limitaciones de información sobre la susceptibilidad de las masas de agua. Por ejemplo, al trabajar sobre medidas de ahorro neto de agua para garantizar el caudal ecológico, lo preferible sería trabajar con el ratio "CAE/caudal" (p.ej: euros·año<sup>-1</sup>/litros·seg<sup>-1</sup>) como hace el ejercicio del Cidacos (MIMAM-Gobierno Navarra, 2002) , aunque como sustituto se puede trabajar con "euros·año<sup>-1</sup>/m<sup>3</sup> ahorrados en consumo", ya que hay una relación funcional entre la presión (agua extraída) y el impacto (agua libre en el río).
- El coste de las medidas se expresará como coste anual equivalente (de inversión anualizada y mantenimiento y operación). También se considerarán, cuando sea posible su cuantificación en términos monetarios, "los costes ambientales y los costes indirectos", integrándolos en el coste anual equivalente.
- La IPH define como medidas básicas para aplicar la legislación sobre protección del agua, no sujetas al análisis coste-eficacia, aquellas necesarias para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos en la normativa comunitaria sobre protección del agua que se recogen en el Anexo III del Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH, Orden MARM/2656/2008 de 10 septiembre), conforme a la incorporación de la misma realizada por el Derecho Español. Se desarrollan con detalle en el artículo 45 del Reglamento<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> En caso de que no se disponga de información sobre la mejora de los indicadores de los elementos de calidad, podrá emplearse en su lugar el grado de reducción de las presiones.

## 5. Ejemplos de análisis ACE y el ranking de medidas

El coste-eficacia de una medida se calcula como el cociente del coste anual dividido y la eficacia anual. En una primera aproximación, se ordenarían las medidas por su valor de coste-eficacia como propone el trabajo de Cidacos (MIMAM-Gobierno de Navarra, 2002), donde se plantea el análisis coste-eficacia para la mejora cuantitativa ( $\text{m}^3\text{-seg}^{-1}$  de caudal en el río) que se basa en la eficacia de una serie de medidas para el riego como son: la asesoría, la implantación de un código de buenas prácticas, revestimiento y reparación de acequias, sustitución de canal por tubería, técnica de riego, combinación canal a tubería junto con técnicas de riego, etc., medidas que en general producen un ahorro de entre el 8% y el 25%. El coste de cada una de estas medidas repercute en un coste-eficacia que va desde 2 céntimos de euro por  $\text{m}^3$  hasta 70 céntimos de euros por  $\text{m}^3$ . El ejercicio del río Cidacos, a pesar de ser de los primeros realizados en toda Europa, sigue siendo uno de los más completos que pueden consultarse en la literatura. Pese a ello, la eficacia de alguna de las medidas no es extrapolable y resulta un poco simplista, por lo que es necesario seguir estudiando el impacto de las medidas de ahorro de agua en cada sistema agrario. Otro documento de referencia con un análisis coste-eficacia bien documentado es el de la subcuenca del Jalón (Confederación Hidrográfica Ebro-MIMAM, 2008). En este documento se recoge la habitual relación de obras hidráulicas (revestimiento de acequias, balsas de almacenamiento, etc.) y en el capítulo de mejora de la calidad (reducción del nitrógeno vertido) se plantean medidas de asesoramiento al regante, código de buenas prácticas y riego deficitario que no vienen recogidas en las medidas con impacto cuantitativo.

A nuestro criterio, en ambos trabajos una de la hipótesis más cuestionables es el posible ahorro de las medidas cuando las dotaciones son bajas y pueden ser consideradas deficitarias o de riego suplementario. Esto depende mucho del cultivo, pero en general proponemos la referencia de  $5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$  por debajo de la cual la mayoría de cultivos tradicionales de riego empiezan a recibir dotaciones inferiores a la ETP máxima. Para una discusión sobre la economía del riego deficitario puede consultarse Molle y Berkoff (2007), aunque la explicación puede entenderse para el Guadalquivir si se considera que la mayoría de los olivares regados tienen una dotación de  $1.500 \text{ m}^3$  por hectárea, que viene a ser un 40% de la ETP máxima del cultivo ( $3.750 \text{ m}^3$  por hectárea). Con estas dotaciones la productividad marginal del agua llega a ser de prácticamente  $0,5 \text{ kg}$  de aceite por  $\text{m}^3$  de

---

<sup>5</sup> Estas medidas deben considerarse incluidas en el escenario tendencial (estado de las masas de agua, y las presiones e impactos que les afectan para el año 2015 en el caso de que no se tomaran medidas complementarias (ver Martín-Ortega *et al.*, (2008).

agua de riego, de modo que es difícil que la asesoría consiga ahorros reales. Más bien, y en todo caso, una mejor gestión de la escasez y un aumento de la productividad. La situación es distinta cuando tenemos cultivos con el 100% de sus necesidades hídricas satisfechas, donde sí que es posible que un cambio de variedades o de técnicas pueda ahorrar agua.

## 6. Programa de medidas

### 6.1. Recuperación de costes dentro del programa de medidas

Se debe insistir en que el principio inspirador de la revisión del régimen económico-financiero ha de ser la búsqueda de un uso más eficiente del recurso, y muy especialmente en el sector del regadío, principal consumidor en España (y muy particularmente en el Guadalquivir, donde representa más del 80% del consumo). Se prevé que el consumo agrícola siga creciendo -ver Gutiérrez *et al.* (2008) y Martín-Ortega *et al.* (2008)-, sin olvidar que debe ir acompañado de medidas técnicas de mejora en la eficiencia de los sistemas de distribución y en modificación de los métodos de aplicación del agua en parcela, elementos que incorpora el Plan de Modernización de los Regadíos. También el sector urbano-industrial debería aumentar su eficiencia, con reducción de las pérdidas en las redes y la introducción generalizada de la recirculación en las grandes industrias.

La combinación de medidas técnicas (mejora de eficiencia, asesoría,...) con el uso de instrumentos económicos (precios, tarificación volumétrica), hace posible satisfacer las mismas necesidades con unas menores dotaciones para consumo, reduciendo la vulnerabilidad frente a las sequías y la contaminación de las aguas, y contribuyendo a la consecución de los objetivos de la Directiva. No obstante, los últimos años la hipótesis de que los precios más elevados del recurso (por la vía tarifaria) moderarían el consumo incluido en los principios claves para una gestión sostenible del agua de la Declaración de Dublín<sup>6</sup>, empieza a ser puesta en duda por algunos autores en el contexto internacional (ver Molle y Berkoff, 2007). Sin embargo, en España sigue siendo un principio clave asumido por todos los agentes afectados, entre ellos los regantes que argumentan que los precios

---

<sup>6</sup> Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente celebrada en 1992.

mas elevados provocarían un abandono del riego y en general se aceptaba sin cuestionar la utilidad del instrumento tarifario para la reducción del consumo. Sin embargo, en el campo científico, los modelos matemáticos en desarrollo (MIMAM 2007b) simulan ahorros para una subida moderada de tarifas con un rango que va desde un modesto 3% en el Guadalquivir, al importante 30% del Ebro. El ahorro simulado en condiciones de cultivos con alto valor productivo del agua y con dotaciones muy escasas (ejemplo: olivar, hortícolas, etc.), casos en los que la rigidez de la demanda es muy elevada, muestran que una subida moderada no tendría ningún impacto en el ahorro. Dicho de otro modo, la subida de tarifas en algunos cultivos de demanda rígida o muy inelástica no produciría un ahorro relevante pero sí que reduciría la renta de los agricultores.

## 6.2. Resultados del modelo ilustrativo

El modelo de aplicación de medidas y de análisis coste-eficacia que se muestra a continuación recoge para la Demarcación del Guadalquivir una simulación basada en los datos que contempla el Esquema de Temas Importantes (ETI) de (CHG-MIMAM, 2008), la interacción entre medidas económicas (subida de tarifas y facturación volumétrica) y un subconjunto de las medidas técnicas.

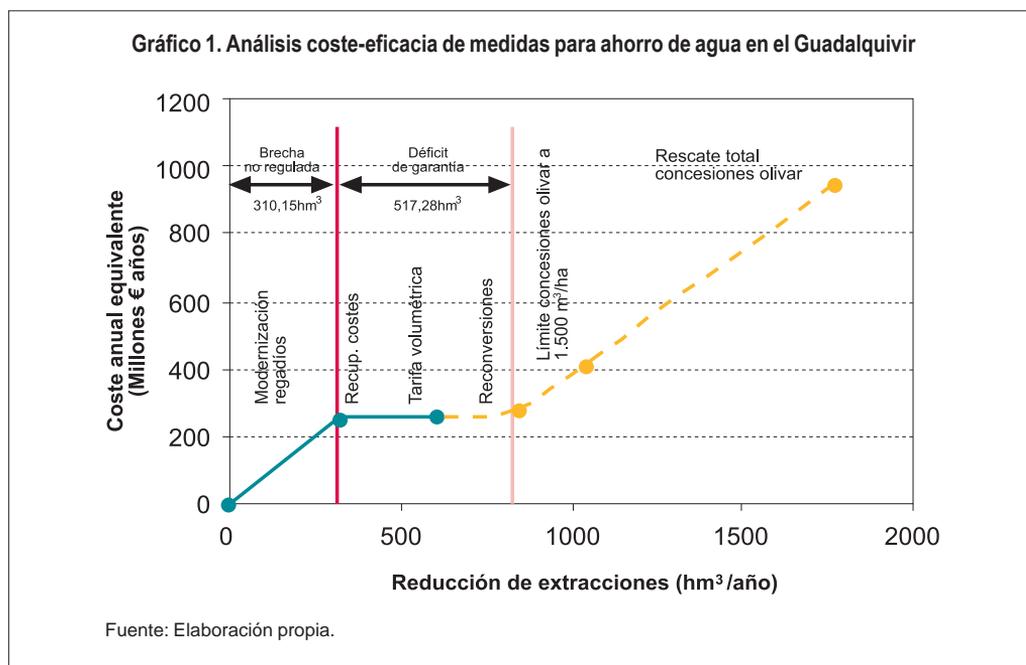
**Cuadro 2. Modelo de análisis coste-eficacia, ahorros cuantitativos en el Guadalquivir**

	Medidas básicas II	Eficacia (hm <sup>3</sup> )			CAE (10 <sup>6</sup> €)	Índice C/E (€/m <sup>3</sup> )	
		Reguladas	No Reguladas	Subterráneas			Total
47.08	Modernización de conducciones de agua potable.	16,70	0,55	5,96	23,21	11,13	0,48
46.03	Recuperación de costes sector urbano	9,35	0,31	3,34	13,00	7,28	0,56
47.20	Asesoría al regante	17,39	1,94	1,66	20,99	1,59	0,08
47.00	Modernización de regadíos	186,09	52,32	39,11	277,52	256,15	0,92
46.01.b	Recuperación de costes						
46.02	en agua de riego	14,26	2,83	2,41	19,50	1,34	0,07
46.01.a	Generalización de la tarifa volumétrica	216,82	23,12	21,95	261,89	4,89	0,02
	<b>Total Básicas II</b>	<b>460,62</b>	<b>81,07</b>	<b>74,42</b>	<b>616,11</b>	<b>282,38</b>	<b>0,46</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo que resume el Cuadro 2, y que ilustra el Gráfico 1, se observa la capacidad de ahorro estimada para la aplicación de las medidas "globales" y de diversos instrumentos legislativos. Estas medidas son las fomentadas a nivel del Estado en general, y en la parte andaluza de la cuenca del Guadalquivir, están incluidas en el Acuerdo por el Agua del Guadalquivir (CMA-Agencia Andaluza del Agua, 2009). Puede verse que la eficacia de las medidas es acumulativa, aunque hay que aclarar que algunas de las mismas están vinculadas en mayor o menor medida, como ocurre con la facturación volumétrica y tarificación adicional por recuperación de costes de riegos (tipificada con el código 46.00) con la modernización de los mismos (código 47.00).

Volviendo al análisis coste-eficacia, puede observarse que la medida más coste-eficaz es la 46.01.a "tarificación volumétrica" (índice C/E: 0,02 € por m<sup>3</sup>). Hay que mencionar que la ejecución previa de la medida "modernización de regadíos" (47.00), aunque no es estrictamente necesaria para ello, facilitaría la implantación de la tarificación volumétrica, al proporcionar un óptimo control de los volúmenes usados. Por este motivo, aquella se ha incluido como medida vinculada y previa a ésta en el presente modelo. En cuanto a medidas relativas a estructuras tarifarias, se contempla la introducción progresiva de la recuperación de costes financieros (46.01.b), seguida por la internalización de costes ambientales



(46.01.c). Se plantea la medida 46.02 'creación de tarifas para usuarios de riego subterráneo' que va a requerir, en caso de ser finalmente implementada, de una importante modificación legislativa.

Por último, como puede notarse en el Gráfico 1, la brecha cuantitativa<sup>7</sup> no se resuelve con el ahorro generado por las medidas que se han denominado como "Básicas II-obligatorias" (tramo azul del gráfico), y que son las que tienen un cierto grado de consenso social. Por tanto en el Guadalquivir, según nuestro modelo, es necesario recurrir a medidas adicionales, como serían el rescate o reducción de concesiones u otras, para alcanzar la reducción de la brecha. Estas medidas, sin embargo, no gozan del consenso social que permita una aplicación carente de conflictos, por lo que sería posible que fuera necesario plantear algún tipo de exención en las masas donde se necesite recurrir a las mismas. Dicho análisis queda fuera del objeto de este trabajo, y el lector interesado puede consultar su planteamiento en Maestu y Berbel, (2009).

## 7. El tratamiento de la incertidumbre en ACE

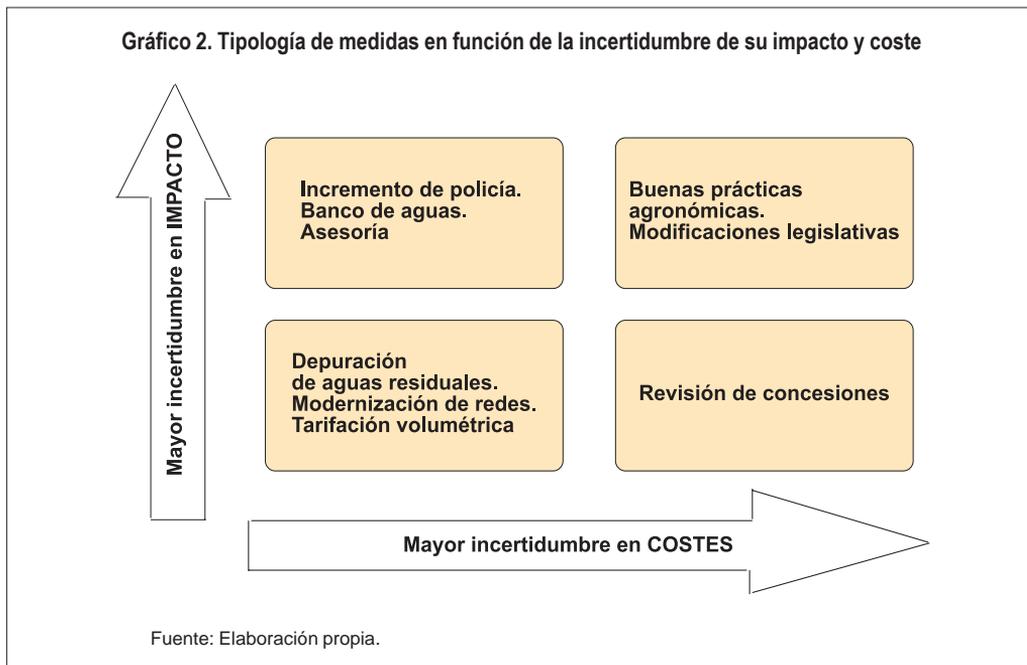
La incertidumbre en el análisis de inversiones públicas, en la economía ambiental y en el campo sanitario, ha sido tratada en numerosos trabajos: (Arrow y Lind (1970), Graham (1984), Asian Development Bank (2002)). No obstante, estos trabajos se enmarcan en el método del coste-beneficio, mientras que, como se ha venido argumentando en este trabajo, la DMA opta por el método de coste-eficacia para seleccionar la mejor combinación de medidas para alcanzar los objetivos ecológicos. El Gráfico 2 expresa la tipología de medidas en función del coste y eficacia y de la incertidumbre sobre estos.

La idea que intenta transmitir el Gráfico 2 es que existen algunas medidas como 'Establecimiento de un banco de aguas', con coste conocido con cierto grado de precisión, mientras que, su impacto en el consumo de agua (sentido y cuantía del mismo) resulta más incierto. En el otro extremo, la revisión de concesiones es una medida de

---

<sup>7</sup> En la "brecha cuantitativa" se están incluyendo dos conceptos muy diferentes: por un lado, la brecha ambiental propiamente dicha, y por otro, el conocido "déficit hídrico", de naturaleza administrativa. No obstante, en este trabajo se ha adoptado el criterio de agrupar ambas brechas, la ambiental estricta y la satisfacción de demandas, justificando esta decisión en la tradición de satisfacción cuantitativa de demandas que ha caracterizado a los planes hidrológicos en el pasado.

Gráfico 2. Tipología de medidas en función de la incertidumbre de su impacto y coste



impacto conocido, mientras que sus costes son más inciertos al depender de la reacción de los agricultores y de la productividad de los cultivos, que pueden cambiar de una campaña a otra. No obstante, la clasificación del Gráfico 2 es meramente orientativa y debe adaptarse a las condiciones locales.

La IPH es muy escueta en este aspecto, ya que afirma que con objeto de incorporar *la incertidumbre en la estimación de la eficacia, ésta se expresará mediante un rango de valores*. Pero no aclara más al respecto. En los trabajos de las cuencas españolas y europeas a las que se ha tenido acceso no aparece el tratamiento de la incertidumbre; aunque el MIMAM tiene un programa al respecto en marcha, todavía no hay resultados concretos.

Existen varias alternativas a desarrollar para introducir la incertidumbre en el ACE, como: el método propuesto por Brower y de Blois (2008) basado en la simulación Montecarlo; utilizar la lógica difusa; realizar un análisis de ex-post de aplicaciones previas de las medidas en otras zonas similares, u otras que permitan estimar funciones de distribución de una forma más precisa.

Para el Guadalquivir se pretende a continuación elaborar un ejemplo de medidas cuantitativas y se propone emplear la función triangular libre, definida por tres parámetros: mínimo, moda y máximo, tomando como referencia en lo posible la base de datos SICMACE (Sistema de información para la Caracterización de Medidas para el Análisis Coste-Eficacia del MIMAM), que propone tres valores, "optimista, pesimista y realista", para los costes y eficacias de las medidas. En aquellas medidas donde SICMACE no aporta información al respecto, se ha considerado un intervalo suficiente, en opinión de expertos, para prever las posibles variaciones debidas a la incertidumbre, generando unos valores extremos, que definirán el rango de confianza de la estimación, como se recoge en el Cuadro y Gráfico 3.

El Cuadro 3 muestra cómo para cada coste-eficacia se hace un análisis del rango de variación basado en la distribución triangular (mínimo, moda, máximo). El Gráfico 3 ilustra los resultados, donde podemos ver que la solución a la "brecha cuantitativa" puede tener un coste muy diferente según se de el caso más desfavorable o el más favorable.

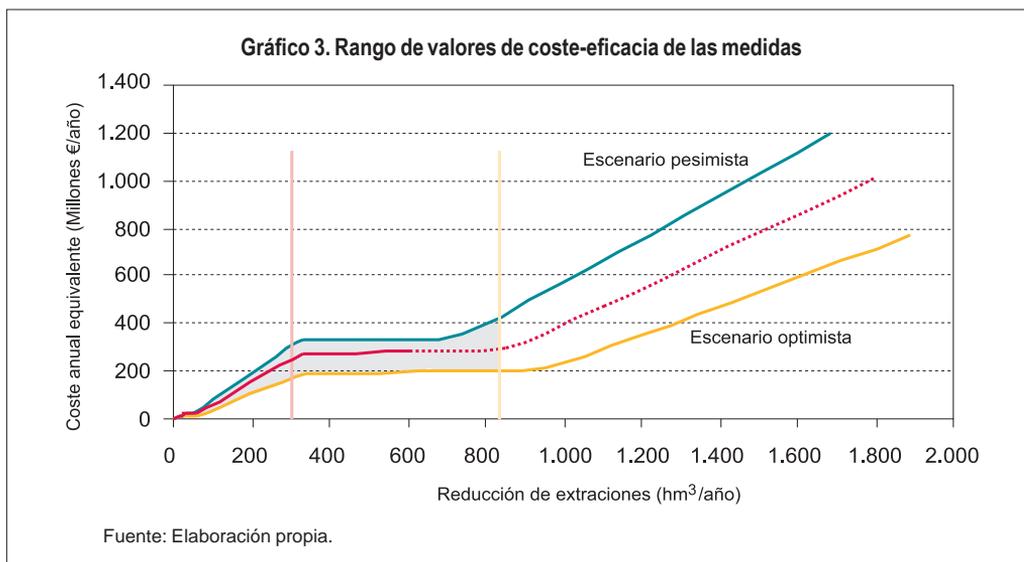
Estimamos que el modelo de análisis propuesto sigue el espíritu de la IPH, en cuanto al tratamiento que de la incertidumbre en el análisis coste-eficacia. No obstante, consideramos que es urgente e importante mejorar la base de datos de SICMACE con un mayor número de observaciones para poder aplicar este análisis con mayor garantía.

**Cuadro 3. Rango de valores para análisis coste eficacia con incertidumbre**

Medida	Eficacia ahorro de hm <sup>3</sup> /año			Coste anual equivalente €/año			Índice C/E		
	pesimista	moda	optimista	pesimista	moda	optimista	pesimista	moda	optimista
Modern. potable	22,0	23,2	24,4	13,35	11,13	8,90	0,61	0,48	0,37
Recup. costes sector urbano	12,3	13,0	13,6	8,73	7,28	5,82	0,71	0,56	0,43
Asesoría al regante	16,8	21,0	21,0	1,59	1,59	0,32	0,09	0,08	0,02
Modern. regadíos	261,4	277,5	284,9	301,57	256,15	176,39	1,15	0,92	0,62
Recup. Costes agua de riego	18,5	19,5	20,5	1,61	1,34	1,07	0,09	0,07	0,05
Tarifación volumétrica	174,6	261,9	349,2	5,14	4,89	4,65	0,03	0,02	0,01
<b>Suma<sup>8</sup></b>	<b>505,7</b>	<b>616,1</b>	<b>713,5</b>	<b>331,98</b>	<b>282,38</b>	<b>197,15</b>	<b>0,66</b>	<b>0,46</b>	<b>0,28</b>

Fuente: Elaboración propia.

<sup>8</sup> En la acumulación de las eficacias se ha tenido en cuenta los ahorros de las medidas anteriores, para no cometer doble contabilidad.



## 8. Comentarios finales

Como es sabido, la aprobación del Plan de Cuenca de cada demarcación hidrográfica está sometida a un proceso de participación pública y análisis de costes desproporcionados que debe ser el filtro que se aplique para el diseño del que finalmente se apruebe. Los datos y modelos aquí mostrados son resultado de un primer análisis que requiere una siguiente fase de profundización que están desarrollando los autores en la actualidad. Pero a nuestro entender proporcionan una visión aproximada de las medidas que se van a aplicar, fijando rangos de su coste y su efectividad, y permiten situar las medidas tarifarias en su contexto. Lo que se ha pretendido con este trabajo es abrir un debate urgente y necesario sobre el papel del análisis coste-eficacia y de los instrumentos económicos en la gestión del agua.

Como última reflexión, se desea llamar la atención sobre la necesidad de profundizar en el análisis coste-beneficio y la derogación y excepcionalidad cuando los costes sociales y económicos no compensen la mejora ambiental en la aplicación de la DMA. Este tema, que recoge la propia DMA y los reglamentos de IPH, está muy lejos de haber sido tratado con el rigor científico adecuado por nuestra profesión, y tiene una implicación enorme en el éxito de las medidas de política ambiental que la DMA y la reforma de la PAC han puesto en marcha como respuesta a la demanda social.

## Referencias bibliográficas

- Arrow, K. y Lind, N. (1970). "Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions". *American Economic Review*. 60(3): 364-78.
- Asian Development Bank (2002). *Handbook for integrating risk analysis in the economic analysis of projects*. Manila.
- Baker, B., Metcalfe, P. y Butler, S. (2007). *Report on the Benefits of Water Framework Directive Programmes of Measure in England and Wales*, DEFRA, Reino Unido.
- Bateman, I.J., Brouwer, R., Davies H., Day, B.H., Deflandre, A., Falco, S.D., Georgiou S., Hadley, D., Hutchins, M., Jones, A.P., Kay, D., Leeks, G., Lewis, M., Lovett, A.A., Neal, C., Posen, P., Rigby, D., y Turner, K.R. (2006). "Analyzing the Agricultural Costs and Non-market Benefits of Implementing the Water Framework Directive". *Journal of Agricultural Economics*, 57:221-237.
- Brouwer R., Bateman, I., Barton, D., Georgiou, S., Martín-Ortega, J., Navrud, S. Pulido Velázquez, M., Schaafsma, M. (2009). *Economic Valuation of Environmental and Resources Costs and Benefits of Water Uses and Services in Water Framework Directive: Technical Guidelines for Practitioners*. EU 6th FP AquaMoney Project: Development and Testing of Practical Guidelines for the Assessment of Environmental and Resource Costs and Benefits in the WFD. [www.aquamoney.org](http://www.aquamoney.org).
- Brouwer, R. (2008). "The role of stated preference methods in the Water Framework Directive to asses disproportionate costs". *Journal of Environmental Planning and Management*. 51(5): 597-614.
- Brouwer, R y de Blois, C. (2008). "Integrated modeling of risk and uncertainty underlying the cost and effectiveness of water quality measures". *Environmental Modelling & Software*, 23(7): 922-937.
- CMA-Agencia Andaluza del Agua (2009). *Acuerdo por el Agua de Andalucía* (3 de febrero 2009). Sevilla

- Comisión Europea (2003). *Economics and the Environment: The implementation Challenge of the Water Framework Directive*. A Guidance Document. Bruselas.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir-MIMAM (2008) Esquema de Temas Importantes de la Demarcación (ETI). <http://www.chguadalquivir.es/chg/opencms/phcuenca/contenido.html>
- Confederación Hidrográfica del Ebro-MIMAM (2008). *Memoria del PHC de la subcuenca del Jalón*. Documento de trabajo, versión junio 2008. Zaragoza
- Gómez, C. M., (2006). "Los Costes y Beneficios Ambientales en el Proceso de Decisión de la DMA". Ponencia presentada en la *Hydronomic Convention*, Barcelona 13-14 Noviembre.
- Gómez-Limón, J.A.; Berbel, J. y Gutiérrez, C. (2007a) "Multifuncionalidad del regadío: una aproximación empírica". En: Gómez-Limón, J.A. y J. Barreiro Hurlé (Eds): *La multifuncionalidad de la agricultura en España*. Eumedia / Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid: 207-224.
- Gómez-Limón, J.A.; Berbel, J.; y Arriaza, M. (2007b) "MCDM farm system analysis for public management of irrigated agriculture" En: Weintraub, A. , Bjorndal, T., Epstein, R. y C. Romero (eds.), *Handbook on Operations Research in Natural Resources in International Series in Operations Research and Management Science*, Kluwer. Nueva York: 93-114.
- Graham, D.A. (1984). "Cost-Benefit Analysis under Uncertainty: Reply American Economic Review". *American Economic Association*, 74(5): 1100-102.
- Gutiérrez, C., Martín-Ortega, J. y Berbel, J. (2008). "Situación y tendencias del uso agrícola del agua en la cuenca del Guadalquivir". *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 220 (4): 163-178.
- Kranz, N., Görlach, B. y Interwies, E. (2004) "Making the Right Choice - a Methodology for Selecting Cost-Effective Measures for the Water Framework Directive". *Journal for European Environmental & Planning Law*, 1(3): 228-233

- Maestu, J. y J. Berbel (2009) "Financiación de servicios de agua y la aplicación de excepciones al principio de recuperación de costes" Ponencia presentada en: XIV Jornadas de Derecho de Aguas: "Régimen económico-financiero del agua. Los precios del agua". Zaragoza, Febrero de 2009
- Martín-Ortega, J. y Berbel, J. (2008). "Beneficios Ambientales en la Directiva Marco del Agua: Conceptos y Estimación". *Revista de Estudios Geográficos*, LXIX (265): 609-635.
- Martín-Ortega, J., Gutiérrez, C. y Berbel, J. (2008). "Caracterización de los usos del agua en la Demarcación del Guadalquivir en aplicación de la DMA". *Revista de Estudios Regionales*, 81: 45-76.
- Martín-Ortega, J., Berbel, J. y Brouwer, R. (2009). "Valoración económica de los beneficios ambientales sin mercado derivados de la mejora de la calidad del agua: una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9(1):65-90.
- Martínez-Alier, J., Munda, G. y O'Neill, J. (1998). "Weak comparability of values as a foundation for ecological economics". *Ecological Economics*, 26: 277-286.
- MIMAM y Gobierno de Navarra (2002). *Análisis económico del Plan de cuenca del Cidacos*. Ministerio de Medio Ambiente y Gobierno de Navarra, Madrid.
- MIMAM (2007a) *El agua en la Economía Española: situación y perspectivas - Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España*. Artículo 5 y anejo III de la Directiva Marco de Agua Serie Monografías. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MIMAM (2007b) *Precios y costes de los Servicios del Agua en España - Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España*. Artículo 5 y anejo III de la Directiva Marco de Agua Serie Monografías. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MIMAM (2008) "River Basin Ebro River Basin Authority 'Jalon river'". Comunicación presentada al Workshop on Disproportionate Costs, Copenhagen.

- Molle, F. y Berkoff, J. (2007). "Water Pricing in Agriculture: Mapping the Debate in the Light of Experience". En Molle, K. y Berkoff, J. (Eds.): *Irrigation water pricing: The gap between theory and practice*: pag 21-93 IWMI/CABI, Wallingford, UK.
- Munda, G (2006). "Social multicriteria evaluation for urban sustainability policies". *Land Use Policy*, 23:86-94.
- Romero, C. (1993). *Teoría de la Decisión Multicriterio. Concepto*, Alianza Editorial, Madrid.
- World Wide Fund for Nature. (2006). *Survey of the economic elements of the Article 5*. Bruselas.

# Las entidades de riego en común. Aspectos institucionales

*Carles Sanchis, Marta García Mollá,  
Chelo Calafat y Virginia Vega*

## 1. Introducción

La legislación de aguas española otorga un papel central en la gestión del agua de riego a las asociaciones de usuarios constituidas como comunidades de regantes. Esta figura legal, predominante en los riegos de aguas superficiales y cada vez más frecuente en el ámbito de las aguas subterráneas, emana de las reformas decimonónicas del marco jurídico del agua y es heredera de una larga tradición histórica de gestión comunal.

La importancia de estas instituciones hace imprescindible su consideración a la hora de analizar la economía del agua de riego en España. El presente trabajo efectúa una síntesis de este modelo de gestión a partir de la experiencia investigadora del Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego (CVER) en el ámbito del regadío valenciano y de los numerosos estudios publicados sobre las instituciones colectivas de riego en nuestro país.

Se trata, en definitiva, de describir los aspectos clave de un modelo que, debido a su eficacia y a su carácter participativo, se ha convertido en un referente internacional. En consecuencia, este trabajo pretende explicar los fundamentos históricos y legales de estas organizaciones, su estructura interna y sus funciones, estableciendo una distinción entre los espacios regados por aguas superficiales y los abastecidos por aguas subterráneas. Además de las comunidades de regantes propiamente dichas, se consideran también otras organizaciones de regantes que cumplen funciones similares o articulan instituciones colectivas de mayor rango.

## 2. La gestión colectiva del riego

Existe actualmente un alto grado de consenso científico en la defensa de enfoques participativos en la gestión del agua, tanto a escala nacional o regional como a nivel local. En ámbitos académicos, organismos internacionales e incluso con frecuencia en los aparatos administrativos de distintos estados se fomenta la consolidación o la adopción de formas de gestión local del agua de riego basadas en organizaciones comunitarias tradicionales y en asociaciones de usuarios de nueva creación. Este renovado impulso a la gestión colectiva del riego ha tenido lugar tanto en el ámbito europeo, como en países en desarrollo que habían dado la espalda a estos modelos durante los periodos coloniales y las primeras décadas de independencia, como es el caso de Marruecos, Egipto o el Líbano<sup>1</sup>.

Sin embargo, la aprobación generalizada de este modelo por la comunidad científica no ha aparecido de manera espontánea; más bien ha sido la respuesta a dos paradigmas formulados a mediados del siglo XX, los cuales suscitaron un prolongado debate y una severa revisión de sus postulados. El primero de ellos es la tesis de Karl A. Wittfogel (1957). En sus estudios sobre las sociedades hidráulicas asiáticas, este autor concluyó que el desarrollo de la agricultura de regadío generaba una extrema concentración del poder político, el denominado despotismo oriental. La construcción de infraestructuras de riego y su gestión exigía, según Wittfogel, un gran esfuerzo organizativo y financiero, sólo a la altura de poderosos gestores agrarios, al frente de organizaciones extremadamente centralizadas. Por otra parte, Hardin (1968) formuló la teoría de la *tragedia de los comunes*, según la cual, ante la existencia de un recurso natural común, de libre disposición para la población, las personas adoptan una racionalidad individual a corto plazo: los usuarios incrementan su consumo para mejorar sus beneficios sin considerar los niveles de uso del prójimo, poniendo en peligro la conservación futura del recurso. Sobre este principio, se articuló un debate entre partidarios de la privatización y de la gestión estatal de los recursos naturales, despreciándose las formas tradicionales de gestión comunal. En definitiva, durante el tercer cuarto del siglo XX, pese a su implantación plurisecular en muchas regiones del planeta, la gestión colectiva del agua había sido ignorada por buena parte de los historiadores y desdeñada por algunos biólogos y economistas.

---

<sup>1</sup> Para una revisión del estado de la cuestión en los países en desarrollo pueden consultarse, entre otros, los textos de Nobe y Sampath (1986) o Boelens *et al.*, (2006).

Con el paso del tiempo ambos paradigmas han sido revisados. Maass y Anderson (1979), a partir de un estudio comparativo del regadío español y norteamericano, rebatieron los postulados de Wittfogel demostrando cómo, en ambos países, las organizaciones colectivas del riego habían articulado procedimientos que evitaban la centralización del poder político o la penetración del Estado en los sistemas de gestión local. Al trabajo de estos autores le siguieron otras aportaciones posteriores basadas en experiencias de distintos lugares del globo (Palerm, 2005)<sup>2</sup>.

La denominada *tragedia de los comunes* ha sido también revisada, particularmente en lo que respecta a la gestión colectiva del agua (Ostrom, 1990; 1992 y Tang, 1991), e incluso en cuanto a su formulación metodológica (Aguilera, 1991). También en este caso, los numerosos ejemplos de exitosa gestión colectiva del agua existentes en distintas regiones mundiales han contribuido a la rehabilitación de las instituciones tradicionales de manejo del recurso. En el caso español, en esta línea se insertan los trabajos de Batista (1995; 2001), a partir del estudio de determinadas colectividades de riego canarias.

No es un hecho casual que buena parte de los trabajos que han provocado la revisión de ambos paradigmas se nutran de casos de estudio españoles. La gestión local del riego se ha caracterizado históricamente en nuestro país por la preeminencia de las instituciones colectivas o comunales y la legislación moderna de aguas ha incorporado el espíritu de esta tradición al modelo oficial de comunidades de regantes. Por dicha razón, tanto las huertas valencianas como las murcianas fueron consideradas por Maass y Anderson (1979) y Ostrom (1990) para rebatir los postulados de Wittfogel y Hardin, del mismo modo que habían sido objeto de estudio en el pasado por los colonizadores británicos de la India (Markham, 1867; Moncrieff, 1868; Roberts, 1867), los franceses de Argelia (Aymard, 1864) o los norteamericanos de California (Hall, 1886).

En definitiva, el modelo español de gestión colectiva del riego ha sido un destacado referente internacional, como ejemplo de un alto grado de participación de los usuarios en las instituciones. La consolidación de este modelo histórico se debe a su reconocimiento, adaptación y reforma durante el siglo XIX, en el que se pusieron las bases del actual régimen jurídico del agua.

---

<sup>2</sup> La revisión de los postulados de Wittfogel ha afectado a su valor universal como teoría, pero no han faltado autores que han defendido la vigencia de algunos de sus planteamientos, fundamentalmente por lo que respecta a algunas sociedades del pasado. En este sentido (Romero *et al.*, 1991) a partir del estudio histórico del regadío medieval y moderno de la Acequia Real del Júcar, demuestran como las oligarquías agrarias ejercieron un importante grado de control de las comunidades de riego y advierten de los riesgos de efectuar una lectura idealizada de los procedimientos participativos de estas instituciones durante la época feudal.

### 3. Configuración histórica de las entidades de riego

El sistema de gestión comunal del riego peninsular tiene sus orígenes en el regadío de la época islámica. El agua de riego era un bien consustancial a los asentamientos rurales islámicos, cuya gestión, como la de los demás bienes comunales, correspondía a la alhama o consejo, como ha puesto de relieve Trillo (2003) a partir de diversos casos de estudio en el Reino de Granada. La conquista cristiana comportó la asimilación de este modelo y la conservación de la gestión local del riego, vinculada a las distintas formas de gobierno municipal de los señoríos y realengos de los reinos peninsulares. El estudio sistemático de estas formas de gestión y su evolución sólo se ha abordado con cierta intensidad en el caso valenciano, donde se detectan diferentes niveles de control de la gestión por parte de las oligarquías locales y distintos grados de integración de administración económica del riego en las finanzas municipales (Peris y Romero, 2000).

En líneas generales, y a falta de estudios más exhaustivos en otras regiones, se puede afirmar que durante el Antiguo Régimen la gestión del riego mantuvo una gestión colectiva y un alto grado de control local, pero casi siempre a través de las instituciones municipales. De hecho, la función de las acequias y demás infraestructuras no era abastecer únicamente al riego, sino también proveer de agua potable a las personas, abastecer los lavaderos y abrevadores, evacuar aguas residuales y combatir el fuego, aspectos indispensables de la gestión municipal. Sólo en las acequias de la Huerta de Valencia parece haberse manifestado una mayor autonomía de las comunas respecto a la autoridad municipal (Glick, 1988). También en algún caso excepcional, como el estudiado por Peris (2001) para la Acequia de Escalona, se observa una temprana desvinculación -siglo XVIII- de la comunidad de regantes del municipio.

Fueron las revoluciones burguesas y la articulación del estado liberal las que provocaron el paso hacia un modelo en el que el agua de riego se desvincula de otros usos comunales y en el cual, la gestión será competencia exclusiva de los propietarios agrícolas y los molineros. La administración liberal perseguía la creación de un marco legal que permitiera integrar el funcionamiento de las principales acequias y sus normas consuetudinarias en la estructura jurídica y administrativa del Estado, con objeto de reducir la conflictividad de algunos sistemas hidráulicos y modernizar las herramientas de gestión. Pérez (1992) ha puesto de relieve como, con anterioridad a la promulgación de la Ley de Aguas de 1866, la administración del Estado ya había ido reconociendo formalmente instituciones de riego tradicionales como los tribunales y sindicatos de riego, pero es a

partir de la aprobación de dicha Ley cuando se sanciona un modelo de entidades de riego en común como instituciones independientes del poder municipal. Este autor comenta que el regadío valenciano fue el modelo empleado para la articulación legal de la nueva figura institucional, pero quizás cabría concretar más esta propuesta y circunscribirlo a las acequias de la Huerta de Valencia, con una mayor tradición de independencia respecto al poder municipal y cuyo Tribunal de las Aguas había sido el referente para la preservación de los tribunales consuetudinarios en el régimen jurídico del Estado liberal.

La Ley de Aguas de 1879 mantuvo este espíritu jurídico e incluso dio poder a los gobernadores provinciales para ordenar la constitución de entidades, una muestra del interés político en la creación de entidades colectivas de gestión como medio para reducir la conflictividad hidráulica<sup>3</sup>. Posteriormente, en 1884, se aprobó un primer modelo oficial de comunidades de regantes, el cual estuvo vigente hasta 1968, año en que fue parcialmente reformado.

La Ley de Aguas de 1985 es, en buena medida, heredera de esta tradición y por medio del Reglamento del Dominio Público Hidráulico -aprobado en 1986- define un régimen jurídico y unos órganos de gestión comunes a todas las comunidades de regantes. No obstante, dentro de este modelo acotado por la legislación estatal, existe una diversidad apreciable en la configuración de las comunidades de regantes españolas, debido a la variedad de factores físicos, históricos, agrícolas o socioeconómicos que han condicionado el desarrollo del regadío peninsular. Incluso hoy día pueden encontrarse en algunas entidades de riego formas institucionales heredadas del antiguo modelo municipal. Así, entidades como los Juzgados Privativos de Aguas de Guardamar y Rojales, o la Acequia Mayor de Sagunto, mantienen al alcalde como presidente de la entidad. También existen acequias valencianas y alicantinas que pese a estar abastecidas por una sola toma, presentan una gestión compartida por varias comunidades de regantes de ámbito municipal, en contra a lo dispuesto por la Ley de 1985<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Ferri (1997), a partir del caso valenciano, ha demostrado la participación activa de los gobernadores en la creación de instituciones y aprobación de ordenanzas con el fin último de reducir una conflictividad rayana con la violencia en muchos sistemas de riego.

<sup>4</sup> La legislación estipula que todos los usuarios de una toma común deben constituir una misma comunidad de regantes. Esto no impide que los usuarios de varias tomas en zonas regables contiguas puedan agruparse en una misma entidad o que las entidades que posean varias tomas puedan subdividirse en tantas entidades como tomas existan.

## **4. Las comunidades de regantes. Estructura y funciones**

De resultados del citado proceso histórico y de la obligación que emana de la legislación actual, la mayor parte de las entidades españolas de gestión colectiva del riego se han constituido en comunidades de regantes. Esta figura legal es prácticamente la única existente en los aprovechamientos de aguas superficiales, pero, como consideraremos más adelante, todavía no es mayoritaria en los riegos de aguas subterráneas, singularmente en el regadío del mediterráneo peninsular.

El estudio de la estructura administrativa, las funciones y procedimientos operativos de las comunidades de regantes españolas ha sido abordado por diversos autores, desde la pionera memoria de Jordana de Pozas (1961). Podemos destacar, entre otros, amplios trabajos basados en los aspectos jurídicos de estas entidades, como los de Pérez (1995) o Bolea (1998), monografías de ámbito regional (Pulido, 1989; Merino, 2006) o trabajos elaborados al amparo de la Federación Nacional de Comunidades de Regantes (Díez, 1992; Valero, 1996; Del Campo, 2002).

La ley otorga a estas entidades el carácter de corporaciones de derecho público adscritas a los organismos de cuenca -las confederaciones hidrográficas-, con autonomía interna para su gestión mediante sus propias ordenanzas y reglamentos. Se trata de organizaciones sin ánimo de lucro destinadas a la distribución, administración y control de las aguas concedidas por el Estado. Las entidades mantienen y mejoran las infraestructuras propias de riego, establecen los dispositivos de manejo del recurso y llevan a término su distribución, para posteriormente facturar los costes de estos servicios y los de obtención del recurso a todos sus miembros, mediante diferentes sistemas tarifarios.

Las comunidades de regantes desempeñan un papel fundamental en la gestión del agua en el país, ya que facilitan al Estado la explotación de las obras hidráulicas y la recaudación de sus costes, controlan la conflictividad local y agilizan la gestión cotidiana del recurso. A su vez, son la instancia a través de la cual los usuarios agrícolas del agua participan en la administración hidráulica del Estado, pues poseen distintos grados de representación en el Consejo Nacional del Agua y en algunos departamentos de los organismos de cuenca -juntas de gobierno, juntas de explotación y comisiones de desembalses. Los regantes, no obstante, a través de su federación nacional, han manifestado en diversas ocasiones su interés en incrementar las cuotas de participación en estas instituciones, ya que su peso como usuarios es considerablemente mayor a su representación legal (Del Campo, 2008).

Tal y como se estipula en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se estructuran en tres órganos: la junta o asamblea general, órgano soberano de la comunidad, la junta de gobierno, órgano ejecutivo, y el jurado de riegos, destinado a resolver los conflictos internos. La *asamblea general* está constituida por todos los miembros de la entidad. Es de su competencia la elección y renovación de los cargos ejecutivos de la entidad, tanto de la junta de gobierno y el jurado de riegos como de otros representantes ante la administración. También es responsable de la aprobación de los presupuestos anuales y las derramas extraordinarias, así como de los principales proyectos y obras de infraestructura. Además, las ordenanzas y reglamentos que rigen el funcionamiento de la entidad y sus procedimientos operativos deben ser aprobados por la asamblea. Por último, a este órgano corresponde la solicitud de concesiones o autorizaciones administrativas y los beneficios de expropiación forzosa ante el organismo de cuenca.

La representación de los socios suele ser directa -un socio, un voto-, pero la ley permite que las entidades establezcan limitaciones al voto directo de los titulares de las explotaciones más pequeñas -que pueden compensarse mediante la agrupación de propietarios para acceder al voto- o ponderaciones que incrementen el número de votos de las explotaciones de mayores dimensiones. La única limitación legal es que un sólo propietario no pueda poseer más del 50% de los votos de la comunidad.

Por lo general, las juntas generales se efectúan con una regularidad anual, si bien en algunas entidades las asambleas ordinarias tienen lugar dos veces al año; en una de ellas se procede a la aprobación de los presupuestos y en otra se efectúa la renovación de cargos. No obstante, lo habitual es que la participación de los regantes en las asambleas sea bastante baja. Esta cuestión, lejos de representar un posible déficit democrático, debe explicarse por otros factores, como la presencia, en áreas minifundistas, de un importante desarrollo de la agricultura a tiempo parcial, así como por la existencia, en la mayoría de los casos, de un alto grado de satisfacción de los usuarios con el funcionamiento de las entidades. De hecho, en los casos en los que surge algún conflicto importante, la participación se incrementa notablemente.

La *junta de gobierno* es el órgano ejecutivo de la entidad. Debe hacer cumplir los acuerdos de la asamblea o junta general, establece los criterios de distribución del agua y es responsable de la conservación de las infraestructuras de reparto. Está compuesta por un presidente, un secretario y varios vocales, cuyo número varía según las dimensiones o la tradición de cada entidad. La legislación específica que entre los vocales deben estar

representados los regantes de los sectores de cola de cada comunidad, para garantizar la representación de los usuarios desfavorecidos en los sistemas hidráulicos más antiguos. El cargo de presidente comporta principalmente funciones de representación, mientras que el secretario lleva un seguimiento más directo de las tareas de gestión diaria de la comunidad. Por ello, en las entidades de mayores dimensiones, el secretario suele ser un profesional designado por la asamblea.

Unos y otros son elegidos por la asamblea general. La renovación de cargos tiene lugar, por lo general, en periodos de dos a cuatro años, no obstante, la situación más frecuente es que los líderes locales renueven sus cargos de manera recurrente, e incluso en algún caso, los prorroguen varias décadas. En el actual contexto de envejecimiento de los activos agrarios no faltan ejemplos de presidentes o secretarios que afirmen seguir en el cargo no por voluntad propia, sino por la falta de socios que quieran asumir estas responsabilidades.

La presencia de la mujer en estos cargos es todavía insignificante, en buena medida, como respuesta a la desproporción existente en la distribución por sexos de los titulares de las explotaciones agrícolas. Una lectura de las ordenanzas vigentes en algunas entidades de riego históricas de nuestro país nos revela la persistencia de situaciones claramente preconstitucionales<sup>5</sup>. Así, en la Vega Baja del Segura, las ordenanzas del Sindicato de la Acequia de Cox establecen que los cargos de responsabilidad son viriles, además de *honoríficos, gratuitos y obligatorios*; mientras que las de los Sindicatos de Dolores y San Fulgencio evitan el voto presencial de las mujeres: "*Las hembras sólo podrán votar por medio de mandatario*".

El *jurado de riegos* es el órgano jurisdiccional de la entidad, destinado a la resolución de conflictos internos, a velar por el correcto cumplimiento de las normas, la aplicación de las sanciones estipuladas en las ordenanzas y la imposición de indemnizaciones. Se compone de un presidente y un número indeterminado de vocales. Todos los autores que han tratado esta cuestión se refieren, sin excepción, al Tribunal de las Aguas de Valencia como exponente más antiguo de esta institución. Sin dudar de su valor histórico y su peculiar procedimiento, y reconociendo que fue precisamente este venerable tribunal el que sirvió de base a la formulación de los jurados de riegos de la tradición legal española,

---

<sup>5</sup> Las confederaciones hidrográficas han exigido a todas las comunidades de regantes que eliminen cualquier discriminación por razón de sexo en sus estatutos.

cabe mencionar otras instituciones con una antigüedad y valor similar, como el Juzgado Privativo de Orihuela o el Consejo de Hombres Buenos murciano, que ponen de relieve una tradición histórica y legal extendida por otros territorios peninsulares y no siempre igualmente reconocida.

Ahora bien, de la misma manera que hoy día, el Tribunal de las Aguas de Valencia languidece, ante la falta de casos que juzgar, y su sesión semanal se cierra frecuentemente sin sentencias, para decepción de los centenares de turistas allí congregados cada jueves, la mayor parte de los jurados de riegos de las comunidades de regantes apenas presenta actividad. Es la plasmación de la efectividad del sistema de gestión del riego, de una alta garantía de suministro -fruto del incremento de la capacidad de regulación a lo largo del siglo XX- y de la satisfacción de los usuarios con el modelo existente.

## **5. Las entidades de riego con aguas subterráneas**

La particular evolución del régimen jurídico del agua en España ha deparado una distinción histórica en la consideración de las aguas en función de su origen, superficial o subterráneo. Frente a la titularidad pública de las aguas superficiales, el derecho de uso de aguas subterráneas se establecía, hasta la aprobación de la Ley de Aguas de 1985, mediante un régimen de apropiación privada. La nueva ley respetó los derechos existentes y permitió mantener el régimen privado, siempre que no se modificase el caudal extraído por los pozos. Como alternativa, la legislación permitía el paso a un régimen concesional de aguas públicas, bajo la figura de aprovechamiento temporal de aguas privadas.

Este peculiar régimen jurídico ha condicionado sobremanera la articulación institucional del riego, limitando la creación de las comunidades de regantes. En aquellas comarcas en las que el principal recurso disponible son las aguas subterráneas se constituyeron, antes de 1985, diversos tipos de sociedades civiles de riego, fundamentalmente sociedades agrarias de transformación (SAT), cooperativas de riego y sociedades civiles. Se trata por lo general de entidades de ámbito local, sin relación directa con las administraciones municipales ni sus límites territoriales, y vinculadas a uno o varios pozos. Este tipo de sociedades está más arraigado en el regadío valenciano y murciano, mientras que en la meseta y Andalucía, el mayor tamaño de las explotaciones agrarias genera un predominio de los aprovechamientos individuales.

Como en el caso de las comunidades de regantes de aguas superficiales, la variabilidad de contextos y tradiciones agrícolas genera una amplia casuística, que no ha sido objeto de un estudio sistemático, a pesar de la existencia de algunos trabajos de carácter comarcal de sumo interés (Rico, 1994; Losada y López-Gálvez, 1997). Para el ámbito valenciano, Carles *et al.*, (2001b) establecen una diferenciación entre las comarcas alicantinas, con un predominio de entidades de dimensiones medianas o grandes, que con bastante frecuencia superan las 1.000 hectáreas, y las zonas citrícolas de Valencia y Castellón, donde la mayoría de las sociedades no superan las 100 hectáreas de extensión. En líneas generales, puede establecerse un vínculo entre las dimensiones de las sociedades y su articulación institucional. Por lo general, en el ámbito valenciano y castellanense predominan las pequeñas sociedades civiles, surgidas principalmente en las décadas centrales del siglo XX por iniciativa de propietarios particulares y estrechamente asociadas a la expansión del cultivo del naranjo. Por su parte, en comarcas alicantinas como en la cuenca del Vinalopó, la creación de sociedades fue estimulada por los planes de promoción del regadío del IRYDA. La apertura de sondeos motivó la creación de nuevas entidades, pero también la transformación de históricas agrupaciones de regantes -ligadas a la administración municipal- que dependían de exiguos volúmenes de aguas caballerías. Unas y otras adoptaron la forma de grupos sindicales de colonización, para transformarse en sociedades agrarias de transformación después de la aprobación del Real Decreto Ley 31/77.

En los últimos años, tras la publicación de la Ley de Aguas de 1985, algunas de las sociedades civiles y buena parte de las SAT de mayores dimensiones están procediendo a su constitución como comunidades de regantes. En la Comunidad Valenciana, la Ley 47/87, que limita la obtención de determinadas subvenciones a las entidades ya constituidas como comunidades de regantes, está estimulando este proceso. Esto sucede principalmente entre aquellas SAT que deben acometer la presurización de la red de riego y que por tanto requieren del apoyo financiero de la administración. No obstante, las SAT presentan un régimen fiscal más favorable respecto al IVA, hecho que actúa en sentido contrario, desincentivando este proceso. Ante esta coyuntura aparentemente contradictoria, en algunas localidades alicantinas como Aspe o El Pinós se ha dado el caso de que un mismo grupo de regantes se ha constituido al mismo tiempo como SAT y comunidad de regantes, efectuando una transferencia formal del recurso entre ambas entidades y obteniendo de este modo, un régimen fiscal más favorable.

En esencia, la gestión local del riego apenas presenta diferencias entre estas sociedades de riego y las comunidades de regantes. En la mayor parte de las sociedades civiles y en algunas SAT, los socios que constituyen inicialmente la entidad efectúan la distribución de derechos a través del reparto accionarial. Por lo general, las acciones se vinculan a una determinada extensión superficial, de manera que, en función del tamaño de la propiedad quedan establecidos los volúmenes del recurso. No obstante, también existen casos en los que la acción corresponde directamente a una unidad de volumen con independencia de la superficie poseída.

Por lo general, la adscripción de derechos de uso de las explotaciones es menos rígida que en las aguas superficiales. Esto es así, tanto cuando la unidad de reparto accionarial está ligada al agua, como cuando se vincula a la tierra. El titular es en realidad el propietario y éste suele tener libertad para usarla o traspasarla. No obstante, las transferencias de aguas son poco frecuentes y los agricultores, habitualmente, ligan de *facto* las acciones al suelo (Carles *et al.*, 2001a, 2001b). De hecho algunas entidades incluso estipulan en sus reglamentos internos limitaciones al traspaso del recurso, principalmente si el destinatario no es miembro de la sociedad. Las sociedades proveen de agua y otros servicios a los agricultores, que contribuyen al mantenimiento de las infraestructuras y gestión de la entidad mediante una tasa generalmente establecida de forma binomial, parte en función de los volúmenes consumidos y parte en proporción a su participación accionarial o superficie poseída.

## 6. Otras entidades colectivas y federaciones de regantes

La legislación española de aguas contempla la posibilidad de que diversas instituciones dedicadas a la gestión local del riego constituyan organizaciones comunes de mayor rango. Este tipo de asociacionismo tiene también sus precedentes más inmediatos en el siglo XIX, cuando, ante la necesidad de reducir la conflictividad entre los usuarios, se crearon algunos *sindicatos generales*, como el Sindicato General de Riegos del Turia o el Sindicato de las Siete Acequias en el Júcar. Su funcionamiento estuvo lastrado en muchos casos por graves disputas internas, debido a que la intensa presión sobre el recurso y la existencia de recelos históricamente enquistados dificultaban notablemente la consecución de acuerdos.

La vigente Ley de Aguas establece dos figuras de características similares a los antiguos sindicatos generales: la *comunidad general de usuarios* y la *junta central de usuarios*. La *comunidad general* está constituida por comunidades de regantes, sociedades agrarias de transformación y otras entidades de gestión, como los abastecimientos de aguas municipales, mientras que las *juntas centrales de usuarios* pueden integrar, además de las anteriores, a usuarios individuales. En ambos casos, la representación de los distintos usuarios queda establecida en función de los caudales teóricos fijados en sus respectivas concesiones administrativas. Su estructura organizativa es prácticamente idéntica a la de las comunidades de regantes con la salvedad de que, en este caso, la junta general la componen los representantes de las entidades o titulares de concesión asociados. Sus ordenanzas y reglamentos son aprobados por la junta general y establecen sistemas de distribución del recurso, renovación de cargos, conservación y mejora de infraestructuras, así como un régimen sancionador.

Esta fórmula asociativa es cada vez más frecuente en nuestro país, habiéndose constituido en los últimos años numerosas juntas y comunidades generales a escala de comarca, acuífero, cuenca o subcuenca, o bien como vehículo para asumir la gestión de grandes obras hidráulicas financiadas por el Estado. La creación de estas entidades, además de resultar de suma utilidad para la defensa del interés común, constituye un escenario favorable para reducir la conflictividad entre colectividades que comparten un mismo sistema hidráulico.

Existen también, en algún caso puntual, organizaciones de usuarios que no se han acogido a estas fórmulas legales y, pese a desempeñar funciones similares a las anteriores, desarrollan su actividad como sociedades privadas. Este es el caso, por ejemplo, de la Unión Sindical de Usuarios del Júcar, que agrupa a los regantes de la Ribera del Júcar que contribuyeron a la financiación del Embalse de Alarcón y a la eléctrica Iberdrola.

Por otra parte, con independencia de lo estipulado por el marco jurídico del agua, también se han constituido federaciones de comunidades de regantes de distintos ámbitos geográficos. En este sentido, la *Federación Nacional de Comunidades de Regantes* (FENACORE), fundada en 1954, tiene un carácter pionero y ha servido de estímulo y modelo para la creación de otras federaciones posteriores, de ámbito regional o internacional. Nacida para defenderse de la discrecionalidad de la administración hidráulica del franquismo, agrupa a 311 organizaciones y representa aproximadamente un 50% de la superficie regada en España (Del Campo, 2008). Con el paso del tiempo se ha erigido

como un interlocutor fundamental del sector, adquiriendo un alto grado de reconocimiento institucional por parte del Estado: ha participado en la elaboración y desarrollo de la Ley de Aguas, en los planes hidrológicos y el Plan Nacional de Regadíos, además de formar parte del Consejo Nacional del Agua y el Consejo Asesor del Medio Ambiente. Además de esta implicación en la política hidráulica, FENACORE presta servicios de asesoría y formación a las entidades de riego, mantiene diversos convenios de colaboración con la administración central del Estado para el desarrollo de cursos y programas formativos y ha puesto a disposición de sus miembros herramientas informáticas para modernizar la gestión del riego<sup>6</sup>.

Con posterioridad a la creación de la federación nacional, se han constituido algunas organizaciones de ámbito de cuenca hidrográfica, como la Federación de Regantes del Ebro, registrada formalmente en 1991 pero con precedentes desde 1978, o la Federación de Regantes del Tajo, con sede en Plasencia y vinculada principalmente a los regadíos extremeños. Existen asimismo algunas federaciones de adscripción autonómica, como la Federación de Comunidades de Regantes de Andalucía (FERAGUA) fundada en 1994 o la Federación de Comunidades de Regantes de la Comunidad Valenciana, que data de 2003.

Por otra parte, la federación nacional forma parte de la Asociación Española de Riegos y Drenajes (AERYD), junto con la empresa pública Riegos de Navarra y la Asociación de Fabricantes de Riego Españoles (AFRE). Dicha asociación sirve de nexo entre los usuarios del agua y el sector industrial y tiene por objeto la difusión de las mejoras técnicas en materia de diseño, construcción, mantenimiento y gestión del riego. Fue creada en 1984 para consolidar las tareas de la representación española en la *International Commission on Irrigation and Drainage* (ICID). Esta institución internacional, nacida en el año 1950, persigue a su vez la promoción del regadío a escala mundial con el fin último de mejorar el abastecimiento alimentario y estimular el desarrollo de las áreas rurales.

FENACORE ha tenido asimismo un papel determinante en la constitución, en el año 2002, de la *Comunidad Euromediterránea de Comunidades de Regantes* (EIC), en la que se integran diversos consorcios, agencias o federaciones, de ámbito regional, nacional o sectorial, de la mayor parte de los países ribereños del Mediterráneo. El ánimo de esta

---

<sup>6</sup> Cabe destacar en este sentido, el éxito del proyecto CORENET, que ya ha sido incorporado por dos centenares de entidades españolas -la mayor parte de ellas de Andalucía, Aragón y la Comunidad Valenciana- para mejorar la gestión local del riego.

institución es, además del intercambio de experiencias, la representación de los regantes de la región ante los diversos organismos internacionales y particularmente, ante la administración de la Unión Europea. No obstante, hoy día, dada la juventud de la institución y el desigual nivel de articulación institucional del riego en los países mediterráneos, el principal reto de la Comunidad Euromediterránea es conseguir que en todos los países miembros se constituyan federaciones de ámbito y representatividad nacional.

## 7. Conclusiones

La experiencia de las entidades españolas de riego en común demuestra los beneficios que se obtienen de una prolongada vigencia de un modelo de gestión colectiva del agua. Las comunidades de regantes se han convertido en un referente internacional de este modelo, que ha logrado reducir al mínimo la conflictividad local del riego. Esta satisfacción respecto al modelo aquí brevemente descrito no es óbice para que puedan plantearse propuestas de mejora del modelo, como ya han efectuado Del Campo (2002) y Medina (2006).

En este sentido, parece necesario reducir la excesiva atomización de entidades en determinados ámbitos -singularmente en los aprovechamientos de aguas subterráneas- con objeto de reducir los costes de gestión y mejorar la calidad y profesionalización de sus servicios. Asimismo, sería deseable el desarrollo de acciones formativas destinadas a la capacitación técnica de sus empleados, con el fin de incorporar objetivos de asesoría agronómica a los usuarios.

Por último, debería avanzarse en la integración corporativa de las entidades locales, mediante el estímulo a la constitución de comunidades generales y juntas centrales, toda vez que las creadas en los últimos años se han demostrado sumamente útiles para mejorar la gestión del agua a escala comarcal y superar rivalidades históricas. Esta cuestión se hace particularmente necesaria en algunas comarcas abastecidas por aguas subterráneas, donde la *tragedia* de Hardin ha podido materializarse de resultas de la falta de instrumentos de cooperación entre las entidades de usuarios de pozos.

## Referencias bibliográficas

- Aymard, M. (1864). *Irrigations du Midi de l'Espagne. Études sur les grands travaux hydrauliques et le régime administratif des arrosages de cette contrée*. Librairie Scientifique, Industrielle et Agricole E. Lacroix, Paris.
- Aguilera, F. (1991). "¿La tragedia de la propiedad común o la tragedia de la malinterpretación en economía?". *Agricultura y sociedad*, 61: 157-183.
- Batista, J.A. (1995). "Algunos aspectos económicos y sociales de la gestión del agua de riego como recurso de propiedad común: estudio de un caso". *Agricultura y Sociedad*, 74: 39-66.
- Batista, J.A. (2001). *El agua es de la tierra. La gestión comunal de un sistema de riego del Nordeste de La Palma (Los Sauces)*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid.
- Bolea, J.A. (1998). *Las comunidades de regantes*. Comunidad General de Usuarios del Canal Imperial de Aragón, Zaragoza.
- Boelens, R.; Getches, D. y Guerrero, A. (2006). *Agua y derecho. Políticas hídricas, derechos consuetudinarios e identidades locales*. IEP-Walir, Lima, Perú.
- Carles, J.; García Mollá, M. y Avellà, L.I. (2001a). "La economía del agua subterránea y su gestión colectiva". En Hernández-Mora, N. y Llamas, R. (Eds.): *La gestión del agua de riego*. Fundación Argentaria, Navacarnero (Madrid): 153-173.
- Carles, J.; García Mollá, M. y Vega, V. (2001b). "Gestión colectiva de las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana". En Hernández-Mora, N. y Llamas, R. (Eds.): *La gestión del agua de riego*. Fundación Argentaria, Navacarnero (Madrid): 291-321.
- Díez, F. (1992). *La España del regadío y sus instituciones básicas*. FENACORE, Madrid.

- Del Campo, A. (2002). "Las comunidades de regantes de España y su problemática". *El derecho de aguas en Iberoamérica y España: cambio y modernización en el inicio del Tercer Milenio*, 2: 509-530
- Del Campo, A. (2008). *Las comunidades de regantes y su federación nacional*. FENACORE, Madrid.
- Ferri, M. (1997). "Reorganización de los regadíos valencianos en el siglo XIX: las ordenanzas liberales de la provincia de Valencia (1835-1850)". *Áreas*, 17: 78-89.
- Hall, W.H. (1886). *Irrigation development. History, customs, laws and administrative systems relating to irrigation watercourses and waters in France, Italy and Spain*. State Office, Sacramento.
- Jiliberto, R. y Merino, A. (1997). "Sobre la situación de las comunidades de regantes". En López-Gálvez, J. y Naredo, J.M. (Eds.): *La gestión del agua de riego*, Fundación Argentaria-Visor, Madrid: 183-202.
- Jordana de Pozas, L. (1961). *Organizaciones colectivas en el regadío español*. Estudios de administración local y general, Madrid.
- Losada, A. y López-Gálvez, J. (1997). "Gestión del regadío en el campo de Dalías". En J. López-Gálvez y J.M. Naredo (Eds.): *La gestión del agua de riego*, Fundación Argentaria-Visor, Madrid: 33-72.
- Maass, A. y Anderson, R. (1979). *And the desert shall rejoice. Conflict, growth and justice in arid environments*. MIT Press, Cambridge.
- Markham, C.R. (1867). *Report on the Irrigation of Eastern Spain*, Secretary of State for India, Londres (traducción catalana en Informe sobre el regadiu de l'Espanya de l'est, IVEI, València, 1991).
- Merino, A. (2006). *La gestión colectiva del agua de riego. Estudio de organizaciones de usuarios en Aragón*, Institución Fernando el Católico. CSIC, Zaragoza.
- Moncrieff, C.C.S. (1868). *Irrigation in Southern Europe*. E. & F.N. Spon, Londres.

- Nobe, K.C. y Sampath, R.K. (1986). *Irrigation management in developing countries. Current issues and approaches*. Westview Press, Boulder, Colorado.
- Palerm Viqueira, J. (2005). "Gobierno y administración de sistemas de riego". *Región y Sociedad*, XVII (34): 3-33.
- Pérez, E. (1992). "Disposiciones decimonónicas sobre aguas. Ley de 1789". En Gil, A. y Morales, A. (Eds.): *Hitos históricos de los regadíos españoles*. MAPA, Madrid: 183-202.
- Pérez, E. (1995). *Estudios jurídicos sobre regadíos*. Consejo General de los Colegios Oficiales de Ingenieros Agrónomos, Madrid.
- Peris, T. (2001). "La séquia d'Escalona: gènesi i organització (1593-1783)". En Furió, A. y Lairón, A. (Eds.): *L'espai de l'aigua. Xarxes i sistemes d'irrigació a la Ribera del Xúquer en la perspectiva històrica*. Ajuntament d'Alzira-Universitat de València: 163-188.
- Peris, T. y Romero, J. (2000). "El regadiu de la Ribera del Xúquer, segles XV-XIX". En Furió, A. y Lairón, A. (Eds.): *L'espai de l'aigua. Xarxes i sistemes d'irrigació a la Ribera del Xúquer en perspectiva històrica*. Universitat de València-Ajuntament d'Alzira: 107-141.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ostrom, E. (1992). *Crafting Institutions for Self-Governing Irrigation Systems*. ICS Press, San Francisco.
- Pulido, F. (1989). *Las comunidades de regantes extremeñas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Rico Amorós, A. (1994). *Sobreexplotación de aguas subterráneas y cambios agrarios en el alto y medio Vinalopó, Alicante*. Instituto de Cultura "Juan Gil Albert", Alicante.

- Roberts, J.P. (1867). *Irrigation in Spain*. E. & F.N. Spon, Londres.
- Trillo, C. (2003). *Una Sociedad rural en el Mediterráneo medieval: el mundo agrícola-nazarí*. Liberbolsillo, Granada.
- Valero, J. (1996). "La participación de los usuarios en la gestión del agua", *Hacia una nueva gestión del agua*. Foro del Agua, Madrid.
- Wittfogel, K.A. (1957). *Oriental Despotism: A Comparative Study of Total Power*, Yale University Press, New Haven (traducción española en *Despotismo oriental*, Guadarrama, Madrid, 1966).

## II. Economía de los factores productivos: tierra, capital y trabajo

### La economía del agua de riego en España

- 95 Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español
- 115 Cambio estructural en las explotaciones de regadío
- 127 Adopción de tecnologías ahorradoras de agua en la agricultura
- 147 El factor humano: el mercado de trabajo en el regadío
- 163 La agricultura y el agua en el sistema productivo. Análisis de su importancia en la economía aragonesa a través de una Matriz de Contabilidad Social



# **Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español**

*Marina Gil, Alberto Garrido y Almudena Gómez-Ramos*

## **1. Introducción y objetivos del estudio**

El regadío en España es, por la superficie que representa y por su contribución a la producción final agraria y al desarrollo rural, un sector de suma importancia desde un punto de vista socioeconómico y territorial. Las limitaciones climáticas y edáficas de determinados territorios impiden que muchos de los cultivos de mayor productividad agraria puedan cultivarse en régimen de secano, por lo que el regadío puede constituir una alternativa rentable. La importancia del regadío en España se refleja a partir de las siguientes cifras: las 3,4 millones de hectáreas regadas representan casi el 14% de la Superficie Agraria Útil nacional y genera cerca del 60% de la Producción Final Agraria (MAPA, 2008, correspondiente a los años 2006 y 2008). Además, una hectárea de regadío genera por término medio en España un margen neto 4,4 veces superior a una hectárea de secano (Gómez-Limón, 2008, MIMAM, 2007). Sin embargo, la aportación económica del regadío es muy diversa en las distintas cuencas hidrográficas. Estas diferencias no sólo vendrán definidas por el uso más o menos intensivo del agua en función del sistema agrario predominante, sino también por muchos otros factores que influyen directamente en el ratio de rentabilidad económica entre el regadío y el secano. Este ratio es precisamente el principal elemento que hay que tener presente a la hora de valorar la importancia del regadío en un determinado territorio, el incentivo a regar y, fruto del análisis geográfico, los estímulos o desestímulos a trasvasar agua entre cuencas hidrográficas.

En este sentido, estudiar cómo ha evolucionando en el tiempo la productividad de la tierra, considerada como las unidades monetarias generadas por superficie regada en términos reales, o la productividad del agua, considerada o como las unidades monetarias obtenidas por metro cúbico de agua de riego consumida, resulta especialmente relevante para el análisis de la idoneidad de determinadas políticas agrarias e hidráulicas. En particular, el análisis del período 1996-2006 es muy ilustrativo para detectar los efectos producidos en la productividad del regadío de algunos factores de cambio sucedidos en este periodo, como es el papel de las subvenciones destinadas a los cultivos herbáceos o al olivar, los pagos directos -instituidos tras la reforma de la PAC de 2003-, y las mejoras tecnológicas en el regadío surgidas a raíz del programa de modernización de regadíos y la implantación masiva del riego por goteo.

Estos procesos justifican la necesidad de conocer en profundidad la evolución de la productividad del regadío, analizando las causas que explican los cambios observados y las consecuencias de política económica que se pudieran derivar de ese comportamiento. La productividad del regadío constituye un indicador ampliamente utilizado en economía agraria para ilustrar en términos económicos la contribución del regadío antes comentada. De este modo, la construcción de un indicador a partir de la diferencia entre la productividad del regadío y el secano, podría resultar muy útil para justificar las políticas de fomento de nuevos regadíos. Sin embargo, el mismo indicador que refleje una productividad baja del regadío en términos reales -a precios constantes- puede ser también un argumento para los detractores de estas políticas (Gil Ocina, 2003).

En cualquier caso, la utilización de la productividad de la tierra siempre se ha considerado en términos estáticos y sobre esta base se han realizado muchas afirmaciones en torno al papel de regadío, algunas de ellas de gran relevancia dentro del candente debate que existe en España, sobre todo en lo que se refiere a la creación de nuevas zonas regables (Rico Amorós, 2006, MIMAM, 2007). Sin embargo, la productividad ha de verse como un indicador dinámico que evoluciona en el tiempo. Los cambios producidos en él vienen motivados por las respuestas que adoptan los regantes en relación a una serie de variables sobre las que pueden incidir y que afectan directamente a la producción y a sus resultados económicos -cambios de cultivos, mejoras tecnológicas, agua utilizada- y también a distintos condicionantes externos sobre los que no pueden actuar, pero que también modifican sus resultados económicos y producciones -subvenciones recibidas y las restricciones que éstas acarrearán, evolución de los precios de los cultivos y las disponibilidades hídricas-. Por tanto, desde este enfoque dinámico, parece necesario profundizar en las causas que afectan a las variaciones en la productividad de los distintos regadíos.

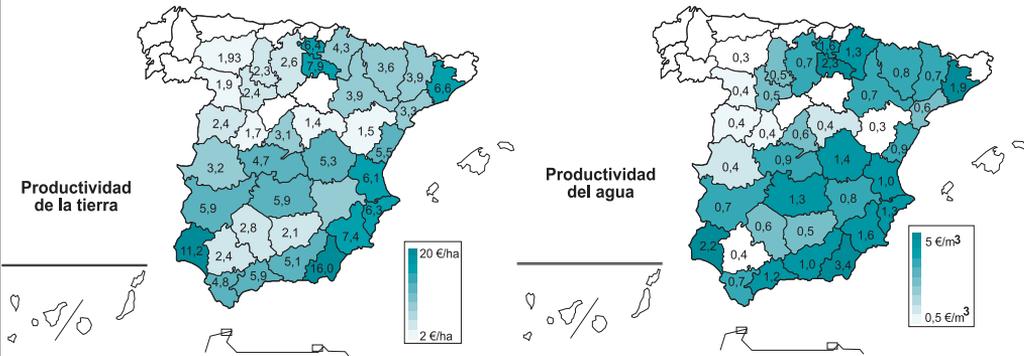
En esta línea, este trabajo trata de analizar las relaciones existentes entre la variación, tanto temporal como espacial, de los factores que afectan a las decisiones del regante y su influencia en los cambios de la productividad del regadío en el tiempo y en el territorio. Este tipo de análisis presenta un importante potencial, pues permite obtener información sobre cuáles son los elementos que más influyen en la variación de la productividad del regadío, información indudablemente relevante a la hora de justificar o diseñar determinadas políticas dependiendo de que los elementos que afectan a dichas decisiones sean más o menos ajenos a la política hidráulica o agraria.

## 2. La evolución de la productividad de la tierra en secano y regadío de las provincias españolas

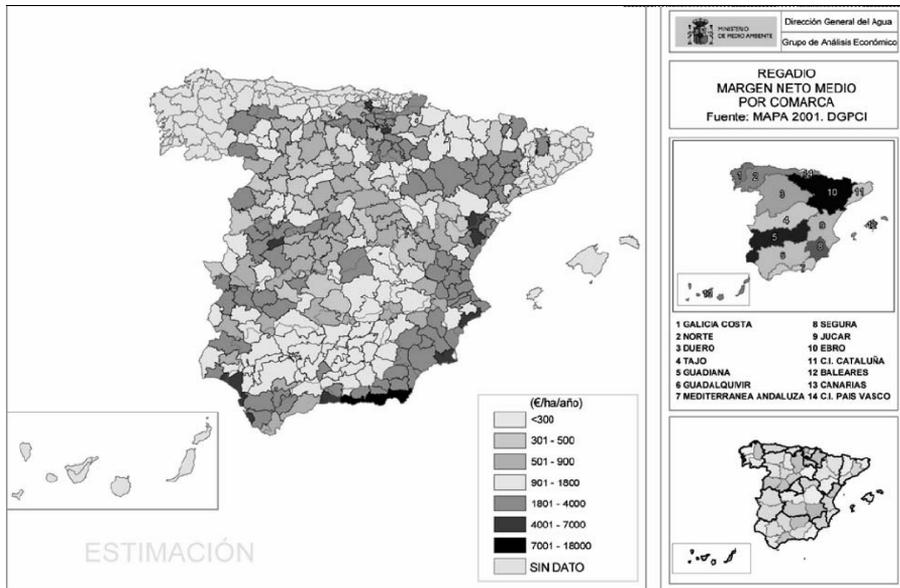
El análisis estático de la productividad es complementario del dinámico y aporta una visión general en un momento determinado. El mapa 1 muestra una primera aproximación a esta cuestión, representando la productividad de la tierra versus la productividad del agua en 36 provincias en 2006, calculadas como el valor de la cosecha (en euros constantes del año 2000) sobre la superficie regada en el primer caso y sobre el agua consumida en el segundo (para conocer los detalles de la metodología ver Garrido *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos no se alejan significativamente de los presentados por el MMA (2007), los cuales se pueden observar en el Mapa 2. De acuerdo con ellos, el margen neto medio del regadío es elevado en provincias como Badajoz, Murcia, Almería; y en el norte, en La Rioja, Navarra y Álava (ver Mapas 1 y 2).

Sin embargo, el análisis estático en sí mismo carece de consistencia, puesto que las variaciones a lo largo del tiempo no son sólo importantes sino abundantes. En el Cuadro 1 se han comparado los resultados obtenidos para el año 2001 por Gómez (2009) con los de nuestro estudio en varios años. El Cuadro 1 ordena 36 provincias de mayor a menor productividad, pudiéndose comprobar cómo ha variado el rango de muchas de ellas entre 1997 y 2006. Se comprueba así que la visión estática de 2001 es sólo válida para esa campaña, ya que provincias como Cáceres, Sevilla o Huelva han ocupado lugares tan dispares en el ránking que llegan a distar 20 posiciones entre dos años distintos. Se refuerza la necesidad de analizar los cambios en la productividad del regadío a través del tiempo, en ocasiones erráticos (cómo se comentará más adelante) y, en otras con mejoras a lo largo del tiempo apreciables a simple vista, tanto en el Cuadro 1 como en el Gráfico 1.

Mapa 1. Mapas de productividad de la tierra (miles de €) y del agua (€) para el año 2006



Mapa 2. Margen neto medio del regadío por comarca agraria (euros por hectárea y año promedio en las comarcas agrarias en valor esperado según precios y rendimientos de los años 1997-2002)



Fuente: MMA (2007). Disponible en [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework\\_directive/implementation\\_documents\\_1/wfd\\_reports/member\\_states/spain/article\\_5/completo\\_nivel1pdf/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/implementation_documents_1/wfd_reports/member_states/spain/article_5/completo_nivel1pdf/_EN_1.0_&a=d)

**Cuadro 1. Ránking de productividad del regadío a través del tiempo.  
Posiciones provinciales en 1997, 2000, 2001, 2003 y 2006**

Ránking	1997	2000	2001 (Gómez, 2009)	2003	2006	Comparativa*
1	Almería	Almería	Almería	Cádiz	Almería	
2	Huelva	Huelva	Murcia	Almería	Huelva	
3	Barcelona	Barcelona	Cádiz	Huelva	La Rioja	5;12;3
4	Murcia	Cádiz	Lleida	Barcelona	Murcia	
5	La Rioja	Murcia	Valencia	Murcia	Barcelona	
6	Cádiz	Málaga	Cáceres	La Rioja	Álava	11;11;6
7	Castellón	Álava	Alicante	Badajoz	Alicante	
8	Alicante	La Rioja	Badajoz	Alicante	Valencia	
9	Valencia	Valencia	Castellón	Málaga	Málaga	
10	Granada	Alicante	Huelva	Granada	Badajoz	
11	Álava	Badajoz	Álava	Álava	Ciudad Real	25;25;11
12	Málaga	Granada	La Rioja	Valencia	Castellón	
13	Lleida	Lleida	Huesca	Castellón	Cuenca	
14	Toledo	Castellón	Barcelona	Lleida	Granada	
15	Cuenca	Toledo	Granada	Segovia	Cádiz	
16	Badajoz	Navarra	Zaragoza	Sevilla	Toledo	
17	Madrid	Huesca	Málaga	Ciudad Real	Albacete	24;30;17
18	Segovia	Zaragoza	Navarra	Navarra	Navarra	
19	Huesca	Cuenca	Jaén	Toledo	Lleida	13;4;19
20	Navarra	Segovia	Tarragona	Madrid	Zaragoza	
21	Tarragona	Tarragona	Sevilla	Cáceres	Huesca	
22	Burgos	Burgos	Salamanca	Albacete	Segovia	
23	Zaragoza	Albacete	Córdoba	Huesca	Tarragona	
24	Albacete	Ciudad Real	Toledo	Cuenca	Cáceres	
25	Ciudad Real	Madrid	Ciudad Real	Zaragoza	Madrid	
26	Ávila	Salamanca	Madrid	Burgos	Córdoba	
27	Cáceres	Cáceres	Burgos	Jaén	Burgos	
28	Salamanca	Sevilla	Cuenca	Córdoba	Salamanca	
29	Córdoba	Ávila	León	Tarragona	Sevilla	30;21;29
30	Sevilla	Córdoba	Albacete	Salamanca	Valladolid	
31	Valladolid	Valladolid	Teruel	Valladolid	Palencia	
32	Jaén	Palencia	Segovia	Palencia	Jaén	32;19;32
33	León	Zamora	Zamora	Ávila	León	
34	Zamora	Jaén	Palencia	León	Zamora	
35	Palencia	León	Ávila	Zamora	Ávila	
36	Teruel	Teruel		Teruel	Teruel	

Las columnas de 1997, 2000 y 2006 se refieren a valor total de la producción en euros de 2000 dividido por superficie regada y el ránking de 2001 se elabora en términos de margen neto medio de la provincia.

\*Nota: Posición en 1997, 2001 en comparación con 2006.

Fuente: Elaboración propia, exceptuando la columna correspondiente al año 2001, la cual es tomada de Gómez (2009).

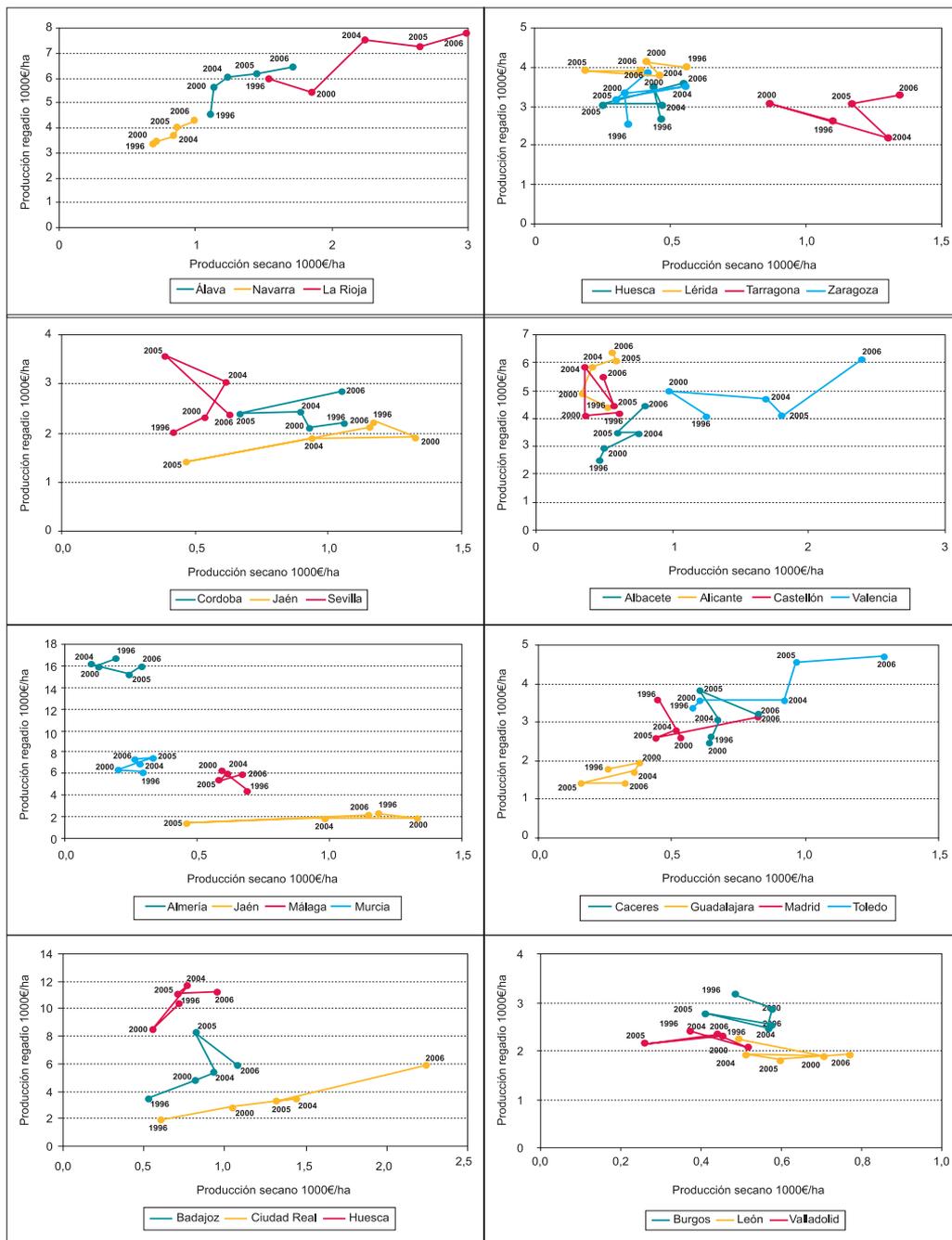
En el Cuadro 1 pretendemos poner de manifiesto los cambios de productividad de la tierra entre 1997 y 2006, y compararlos con los que el MARM obtuvo y tomó como base para el estudio cuyos resultados se representan en el Mapa 2. Estos resultados, que recientemente ha publicado Gómez (2009), aparecen también en la columna del Cuadro 1 encabezada por 2001. En la columna de la derecha se señalan las posiciones en el ranking de productividad de algunas provincias para facilitar la comparación de la evolución de sus productividades a lo largo del tiempo. Globalmente, se aprecian muy pocos cambios en las partes altas de la tabla, destacando provincias que apenas varían como Almería, Huelva, Barcelona, Murcia, y también la parte inferior con Teruel, Palencia, Zamora, León y Ávila. Sin embargo, los cambios de productividad de La Rioja, Álava, Albacete y Ciudad Real son ilustrativos de la importancia del sector vitivinícola y de la incorporación de tecnología de riego. Por el contrario, las provincias de Sevilla y Jaén llaman la atención por su bajo nivel de productividad y lo errático de su posición en el ranking.

La heterogeneidad en la rentabilidad del regadío y del secano en España se pone de manifiesto en el Gráfico 1, en el que se representa el valor de la producción en miles de euros constantes (año 2000) por ha (regadío, eje vertical; secano eje horizontal) de diversos años y ordenados por cuencas y/o regiones. En ella se visualizan algunos de los resultados que vamos a tratar de explicar mediante este estudio. Se aprecia cómo hay una evolución ascendente de la productividad del regadío en las provincias donde cultivos como la viña o el olivar son importantes (La Rioja, Toledo y Ciudad Real), lo cual viene refutar el supuesto de que sólo los cultivos intensivos en agua o factores permiten aumentar la productividad de agua y tierra. Por el contrario, se aprecian fases de crecimiento cero, o muy poco cambio, en las provincias donde la productividad del agua empleada en el riego es más elevada (Murcia, Almería y Málaga), lo cual vendría a demostrar que existe un techo de producción en las zonas de productividad máxima.

Se puede destacar también la comparación entre el Guadalquivir, en cuyas provincias los cambios de productividad se muestran erráticos, no apreciándose una tendencia clara, y la cuenca del Ebro en la que se aprecia gran diferencia entre distintas zonas, observándose valores mayores en la parte alta de la cuenca. Cabe señalar, por último, el caso de Albacete, que ha alcanzado algunos años productividades del orden de las de Alicante, Valencia y Castellón.

Estos procesos justifican la necesidad de conocer más en profundidad la productividad del regadío, analizar las causas que explican los cambios observados y extraer conclusiones que pudieran ser de interés para el diseño de políticas.

Gráfico 1. Productividad de la tierra de secano y regadío (años 1996, 2000, 2004, 2005 y 2006)



Fuente: Elaboración propia con datos del MARM (2008).

Nótese también el crecimiento sostenido en productividad en el alto Ebro (Álava, Rioja y Navarra), logrando niveles que superan notablemente y en todos los años la productividad del agua y la tierra en el bajo Ebro (Lleida, Huesca, Zaragoza y Tarragona), lo que vendría a indicar una inversión gradual del valor del agua para fines agrarios aguas arriba y a distancias crecientes de la costa mediterránea en esta cuenca hidrográfica.

La principal aportación del Gráfico 1 es ilustrar el actual debate alrededor de los usos agrarios: Son las cuencas hidrográficas con más recursos las que presentan una productividad del agua utilizada por los usos agrarios más baja, mientras que por el contrario, las cuencas donde el agua para fines agrarios presenta productividades más altas son las que tienen más problemas en el suministro, no sólo motivado por la escasez de recursos sino también por la presión que ejercen otros usos con un mayor protagonismo en la economía. Evidentemente mayor escasez y productividad son dos procesos que se realimentan, y surgen de procesos dinámicos relacionados con la política agraria, la apertura y competitividad de los mercados y las nuevas oportunidades de negocio. No obstante, lo que llama poderosamente la atención es que la productividad de la tierra de secano y de regadío de algunas provincias de interior traza una evolución claramente ascendente (casos notorios de La Rioja, Albacete, Ciudad Real), mientras que en las más productivas, como Murcia, Almería o Huelva, no se aprecia. Este hecho se justifica por el protagonismo que adquiere el viñedo de calidad en el regadío de estas provincias.

### 3. Metodología

La metodología seguida en este análisis se basa en un enfoque econométrico. Para ello se elabora un modelo explicativo con datos de panel medidos en el tiempo, en el que la variable que se pretende explicar es la productividad a nivel provincial y por campaña. Se han seleccionado 20 provincias que conjuntamente representan más del 70% del regadío de nuestro país.

Se han formulado dos modelos que se estiman de forma independiente, pero emplean el mismo conjunto de variables explicativas. Denotando por  $Y_{it}$ , ( $i$  representa provincia,  $t$  año) la variable dependiente, en un modelo ésta representa la productividad de la tierra en €/ha y en el otro, la productividad del agua en €/m<sup>3</sup>. Cada modelo incluye a su vez siete variables explicativas clasificadas como variables de tipo hidrológico y tipo agrónomo, de tal modo que el modelo tiene la siguiente forma:

$$Y_{it} = a + b * año + c * AC + d * IP + e * SPAC + f * SVO + g * SF + h * SH + i * CH + \varepsilon_{it} \quad [1]$$

Las variables explicativas consideradas son:

- *Variable temporal*: se introduce el año para controlar el efecto de la tendencia.
- *Variables referidas al agua*: el consumo real de agua en Hm<sup>3</sup> a nivel provincial representado como el agua azul ( $AC_{it}$ ), es decir, el agua que realmente reciben los cultivos procedentes de las dotaciones aportadas<sup>1</sup>. Se ha calculado de acuerdo con procedimientos documentados por Novo *et al.*, (2009) y Rodríguez Casado *et al.*, (2009).
- *Índice de precios percibidos ponderado* para cada provincia ( $IP_{it}$ ), ponderando los cultivos más representativos según la superficie que ocupan en cada una de ellas.
- *Variables referidas a la superficie regada* por tipos de cultivos de cada provincia. Para ello se distingue entre: (i) el porcentaje de cultivos PAC ( $SPAC_{it}$ ), que incluyen los cultivos COP<sub>it</sub> (cereales, oleaginosas y proteaginosas), los cultivos forrajeros y los industriales (remolacha y algodón), (ii) El porcentaje de viña y olivar ( $SVO_{it}$ ), (iii) El porcentaje de frutales ( $SF_{it}$ ), (iv) El porcentaje de hortícolas ( $SH_{it}$ ), y (v) porcentaje de otros cultivos (el modelo la elimina para la estimación, por ser la complementaria de las otras superficies).
- *Variables Dummy (CH)* que representan la agrupación de las provincias seleccionadas por cuencas. Estas variables pretenden recoger los efectos que derivan del modelo de gestión del agua existente en cada cuenca hidrográfica, y que incide en la disponibilidad de recursos hídricos. Y revelan también, como veremos más adelante, que las condiciones climáticas y orográficas de los territorios considerados tienen gran importancia como factores explicativos.

$$PT_{it} = \frac{VPR_{it}}{SupReg_{it}} \quad [2]$$

Las expresiones [2] y [4] representan los indicadores de productividad que se ha considerado en este trabajo y se han calculado para todas las provincias de España, a pesar de que el análisis econométrico se centrará en 20 de ellas.

<sup>1</sup> El concepto de los colores del agua fue introducido por la Prof.<sup>a</sup> Malin Falkenmark (ver Llamas, 2005).

Donde  $PT_{it}$  es la productividad de la tierra en cada provincia  $i$  para la campaña  $t$ ,  $VPR_{it}$  representa el valor de la producción de regadío para el período 1995-2006, a partir de las superficies y rendimientos de cultivos obtenidos de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria, y de los precios percibidos por los agricultores, provenientes del MARM. Mediante el paquete estadístico *Stata* se ha calculado el valor de producción de cada cultivo, obteniéndose valores de producción desagregados para el regadío en miles de € constantes, mediante la siguiente fórmula:

[3]

Donde  $Sup_{jt}$  es la superficie de regadío al aire libre o protegida (por cultivo),  $Rdto$  es el rendimiento del cultivo  $j$  (de los que se recogen los 94 presentes en el Anuario del Ministerio) en el año  $t$ , y  $p_{jt}$  es el precio anual de cada cultivo. Estos valores de producción se han integrado para dar lugar al valor de producción de regadío de cada uno de los 10 años correspondientes al período ya mencionado.  $SupReg_{it}$  es la superficie regada en la

$$PA_{it} = \frac{VPR_{it}}{AguaAzul_{it}} \quad [4]$$

provincia  $i$  en la campaña  $t$ .

Donde  $PA_{it}$  es la productividad del agua en la provincia  $i$  para la campaña  $t$ , y  $AguaAzul_{it}$  es la cantidad de agua consumida en el riego en la provincia  $i$  y la campaña  $t$ , según Novo *et al.*, (2009) y Rodríguez Casado *et al.*, (2009).

$$E[\varepsilon\varepsilon'] = \Omega = \begin{bmatrix} \sigma_1 I & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \sigma_2 I & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \sigma_{20} I \end{bmatrix}$$

La matriz de varianzas de los términos de error se puede escribir como:

Donde  $I$  es una matriz unitaria (20x20). Se verifica que  $E[\varepsilon_{i,t}] = 0$ ,  $Var[\varepsilon_{i,t}] = \sigma_i^2$  y  $Cov[\varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{k,s}] = 0$  (siempre que  $t < s$  o  $i < k$ ). Los modelos empleados son heterocedásticos, si bien se asume que no hay correlación temporal ni espacial.

Los datos de panel se obtienen de la combinación de una serie temporal de 10 años con 20 provincias diferenciadas. La variable a explicar representa el ratio entre el valor de la producción de regadío cada año en cada provincia y la superficie regada (€/ha) y el ratio entre el valor de la producción de regadío cada año y en cada provincia y el agua utilizada (€/m<sup>3</sup>).

En el cálculo de la superficie regada se ha eliminado el porcentaje que representan las segundas cosechas es decir, aquellos casos en los que sobre una misma superficie se cultivan varios cultivos en un año. A partir de los datos de las hojas 1T (que detallan la diferencia entre superficie en ocupación primera y en ocupación posterior, MARM) se ha calculado un índice de duplicación, de fórmula (Ecuación 5), que se aplica a la superficie regada a nivel provincial para sustraer las hectáreas repetidas. De este modo, la productividad de la tierra está teniendo en cuenta la utilización de mismo suelo varias veces en la misma campaña.

$$IndDupl_{it} = \frac{Ocup1 + Ocup2}{\max(Ocup1, Ocup2)} \quad [5]$$

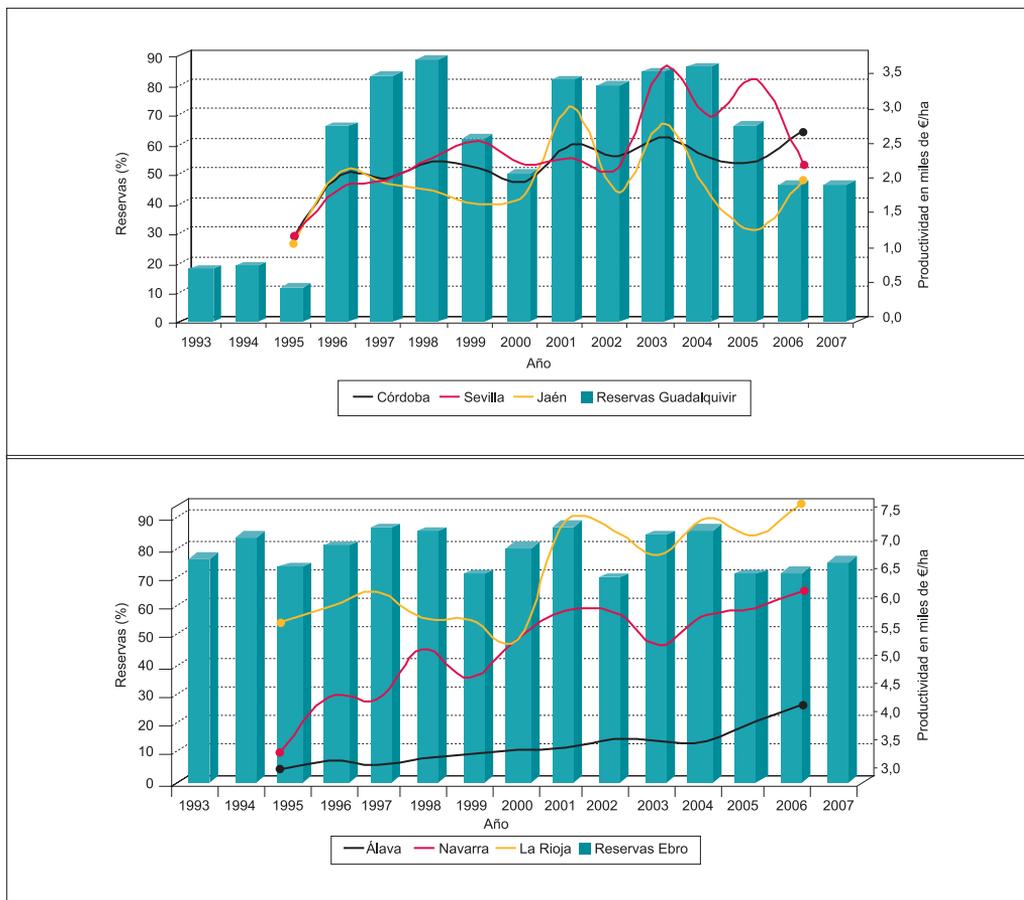
Las variables explicativas expresadas en tanto por uno y referidas a la superficie de cultivos agrupados por clases, se han obtenido a partir de los datos de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria.

## 4. Resultados

La aplicación de la metodología detallada anteriormente ha permitido obtener los resultados que se muestran e interpretan en este apartado. En primer lugar, se observa una evolución creciente de la productividad de la tierra a nivel provincial, aunque con alguna diferencia de comportamiento entre cuencas. A modo de ejemplo, en el Gráfico 2 se representa el caso del regadío de algunas provincias ubicadas en las cuencas del Guadalquivir y del Ebro. En este gráfico se compara la variación de la productividad por provincias frente al nivel de llenado de los embalses de la cuenca para el período 1995-2006, evaluado en la primera semana del mes de mayo de cada año. Se confirma lo expuesto en el epígrafe anterior: altas productividades en el Alto Ebro, que coinciden con una estabilidad en el agua disponible, frente a grandes variaciones de productividad en el Guadalquivir e

inestabilidad en las disponibilidades hídricas. Es decir, cuencas como el Ebro o el Duero mantienen su productividad estable mientras que en otras como el Guadalquivir, Segura o Júcar la variación de la productividad es más pronunciada. En estos últimos casos se observa que la mayor variación de la productividad se corresponde con una mayor variación en el agua embalsada. La productividad de la tierra es mayor en las provincias donde los cultivos de mayor valor añadido adquieren más protagonismo como ocurre en las cuencas de Júcar, Segura y en las provincias de la cuenca del Ebro en las que los cultivos hortícolas son más representativos. Tal es el caso de Navarra donde la productividad de la tierra alcanza los 6000 €/ha. Las productividades más bajas se observan en las cuencas donde predominan los regadíos extensivos, como es el caso de las cuencas del Duero o del Guadiana.

Gráfico 2. Evolución de la productividad de la tierra en algunas provincias del Guadalquivir y del Ebro



Fuente: Elaboración propia con datos del MARM (2008).

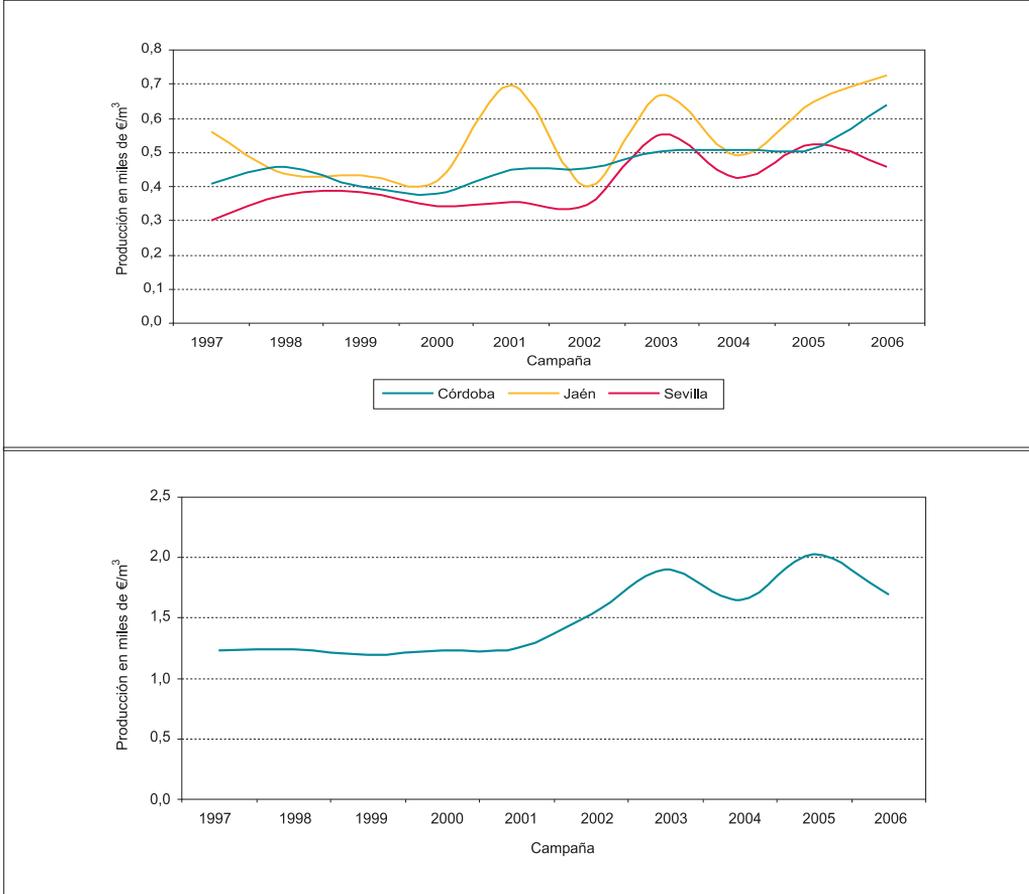
Es interesante destacar cómo el aumento más pronunciado en la productividad de la tierra se ha producido en la provincia de Jaén donde se ha pasado de productividades medias de 2.500 €/ha a productividades cercanas a los 4.000 €/ha. Este hecho también se observa en provincias como Ciudad Real, Álava o Albacete. La situación anterior bien puede ser explicada por la mejora generalizada de los rendimientos o por una subida paulatina de los precios pagados al agricultor por los cultivos predominantes en estas zonas. Parece que la introducción de riego en cultivos como el viñedo y el olivar puede explicar en buena medida la mejora de los rendimientos de estos cultivos y por tanto de su productividad. Además, la introducción de viñedo acogido a denominación de origen permite al agricultor obtener un mayor precio. Los dos factores actúan conjuntamente y probablemente se retroalimenten.

Sin embargo, si analizamos la evolución de la productividad del agua observamos un panorama totalmente diferente, sin una clara tendencia y con grandes diferencias entre cuencas. El Gráfico 3 representa los casos del Guadalquivir y el Segura. Estas dos cuencas muestran una mejora en la eficiencia del uso del agua, siendo en el primer caso más paulatina que en el segundo. Según Avellà *et al.*, (2009, pág. 215) se ha producido un aumento en el consumo de agua principalmente en el sur, sin embargo según nuestro análisis esto se puede traducir en una mejora en el uso o en la productividad.

Para el análisis de los modelos econométricos presentamos el Cuadro 2, que recoge los resultados de las regresiones realizadas. Se trata de explicar la variación de la productividad del agua y de la tierra mediante las variables tiempo, variación del agua azul consumida por los cultivos, variación del índices de precios de los cultivos de los regadíos de la cuenca y variación de la superficie destinada a cultivos PAC, hortícola, frutales, olivar y viñedo. Así como una segunda estimación para cada caso con variables Dummy de pertenencia a una cuenca hidrológica. El cuadro sirve para contrastar los elementos anteriormente expuestos.

El Cuadro 2 recoge resultados de cuatro regresiones. A la izquierda, se han situado las regresiones correspondientes a la productividad de la tierra, y a la derecha las de la productividad del agua. Las regresiones situadas en el bloque inferior incluyen las variables Dummy de cuenca hidrográfica.

Gráfico 3. Comparativa entre la evolución de la productividad del agua de riego en el Guadalquivir y el Segura



Nota: La provincia seleccionada para la cuenca del Segura es Murcia.

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2. Resultados de los modelos econométricos**

RESULTADOS DE DATOS DE PANEL PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA (€/HA)				RESULTADOS DE DATOS DE PANEL PRODUCTIVIDAD DEL AGUA (€/m3)			
Nº de observaciones			200	Nº de observaciones			200
Nº de grupos			20	Nº de grupos			20
Periodos de tiempo			10	Periodos de tiempo			10
Wald chi2			1411	Wald chi2			4194.4
Prob > chi2			0	Prob > chi2			0
Product. de la tierra	Coef.	Err. Std.	P> z	Product. del agua	Coef.	Err. Std.	P> z
año	0,08	0,01	**	Año	0,020	0,0000	**
AC (agua consumida)	0,17	0,04	**	AC (agua consumida)	-0,120	0,0100	**
IP (índice de precios)	0,03	0,00	**	IP (índice de precios)	0,0040	0,0003	**
SPAC (superf. PAC %)	-6,46	0,58	**	SPAC (superf. PAC %)	-2,10	0,1600	**
SVO (superf. viña olivar %)	-5,81	0,68	**	SVO (superf. viña olivar %)	-2,120	0,1700	**
SF (superf. frutales %)	-3,97	0,65	**	SF (superf. frutales %)	-1,670	0,1700	**
SH (superf. horticolas)	6,66	0,95	**	SH (superf. horticolas)	0,640	0,2200	**
Constante	-160,50	23,72	**	Constante	-35,370	2,5100	**

RESULTADOS OBTENIDOS CON VARIABLES DUMMY DE CUENCA HIDROLÓGICA				RESULTADOS OBTENIDOS CON VARIABLES DUMMY DE CUENCA HIDROLÓGICA			
Nº de observaciones			200	Nº de observaciones			200
Nº de grupos			20	Nº de grupos			20
Periodos de tiempo			10	Periodos de tiempo			10
Wald chi2			1140	Wald chi2			6944.5
Prob > chi2			0	Prob > chi2			0
Product. de la tierra	Coef.	Err. Std.	P> z	Product. del agua	Coef.	Err. Std.	P> z
año	0,07	0,01	**	Año	0,020	0,0000	**
AC (agua consumida)	0,27	0,05	**	AC (agua consumida)	-0,080	0,0100	**
IP (índice de precios)	0,01	0,01	*	IP (índice de precios)	0,004	0,0007	**
SPAC (superf. PAC %)	-7,34	-0,58	**	SPAC (superf. PAC %)	-2,240	0,2100	**
SVO (superf. viña olivar %)	-6,37	0,66	**	SVO (superf. viña olivar %)	-2,090	0,2200	**
SF (superf. frutales %)	-4,76	0,62	**	SF (superf. frutales %)	-2,060	0,2400	**
SH (superf. horticolas)	-2,06	0,99	*	SH (superf. horticolas)	-0,570	0,2500	*
Ebro	0,93	0,12	**	Ebro	-0,280	0,0800	**
Guadalquivir	-0,50	0,19	**	Guadalquivir	(eliminada)		
Guadiana	0,74	0,25	**	Guadiana	-0,350	0,0700	**
Júcar	0,30	0,21		Júcar	-0,330	0,0900	**
Segura	2,90	0,43	**	Segura	(eliminada)		
Tajo	0,32	0,23		Tajo	-0,460	0,0600	**
Constante	-139,90	29,57	**	Constante	-30,550	3,6900	**

Nota: \*P<=0,05; \*\* p<=0,01.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los modelos revelan buena calidad de ajuste y alta significatividad del conjunto de las variables explicativas. Los resultados de los modelos presentados en el Cuadro 2 permiten deducir, en primer lugar y como avance importante de las conclusiones de este trabajo, un incremento de la productividad en todo el territorio durante el período de tiempo analizado. En todos los modelos, la variable tiempo es significativa y su coeficiente es positivo, lo que implica una tendencia positiva en la mejora la productividad, tanto del agua como de la tierra.

En segundo lugar, se observa que la variable que más explica la variación de la productividad de la tierra es la variación del agua azul (AC), que mide el consumo del agua de todo el regadío en la provincia. Se observa que mejora la productividad de la superficie regada en la medida que aumenta el agua disponible. Por el contrario, y como cabía esperar, la productividad del agua disminuye al aumentar la cantidad de agua disponible, pues esta variable está altamente relacionada con el denominador de la variable explicada. En cualquier caso, es la variación de las disponibilidades hídricas la que en mayor medida está explicando las variaciones en la productividad, tanto del agua como de la tierra. La variación del índice de los precios percibidos por el agricultor es significativa a la hora de explicar la variación de la productividad tanto del agua como de la tierra pero su peso en la variación es cuantitativamente menor que la variación del agua. Ello implica que una parte importante de las variaciones de la productividad de tierra y del agua depende de los precios de los productos, lo que tiene implicaciones directas a la hora de evaluar el impacto de las sequías. Con esto podemos afirmar que no siempre las pérdidas económicas en períodos de escasez son debidas a la propia falta de agua, sino a muchos otros factores comprobables, como son en este caso los precios.

Destaca también el hecho de que el porcentaje de superficie de cultivos regados con subvenciones de la PAC (SPAC) es el que más negativamente contribuye a la productividad de la tierra y del agua, siendo en todas las regresiones negativo y significativo ( $p < 0,01$ ). Por el contrario, las provincias con más frutales y hortalizas tienen mayor productividad del agua y la tierra, aún controlando las variables de tiempo y cuenca hidrográfica.

Por último, cabe destacar que los resultados del modelo muestran cómo la variación de las superficies destinadas a los distintos grupos de cultivos que se han establecido apenas tienen influencia en la variación de la productividad. Este hecho quizás pueda ser explicado porque en el período de tiempo considerado no se han producido grandes variaciones en las orientaciones productivas en ninguna de las zonas estudiadas, lo cual pue-

de ser debido a que hasta después del año 2005 no ha entrado en vigor la reforma intermedia de la PAC con la inclusión del pago único, hecho que supuestamente podría provocar grandes modificaciones en las decisiones de cultivo en la explotación. Las variables Dummy introducidas en los modelos 3 y 4 y que consideran la pertenencia de una provincia a una determinada cuenca son significativas a la hora de explicar la productividad del agua, lo cual demuestra el hecho de que la gestión del agua es un elemento muy influyente. Sin embargo, no alteran los signos ni la magnitud de los coeficientes obtenidos en los modelos que no incluyen las Dummies de las cuencas hidrográficas.

## 5. Conclusiones

La innovación fundamental de este estudio es la visión dinámica que aporta, junto con su capacidad de avanzar y reproducir las tendencias que predominan en el regadío español y que informan sobre los principales factores que están motivando los cambios en el sector. Se constata que la mejora de rendimientos y productividades viene motivada por la introducción del regadío. Se pueden destacar casos concretos como el viñedo y el olivar en las zonas en las que esto ha sucedido, por ejemplo, el Alto Ebro o Ciudad Real o Jaén. Es en estas regiones donde se ha producido un mayor incremento de la productividad en los últimos diez años. En las cuencas donde la productividad es más alta, se comprueba que predominan cultivos de alto valor añadido, como puede ser el caso de los cultivos hortícolas en el Júcar y el Segura. Sin embargo, en estas cuencas no se aprecia un incremento notable de la productividad a lo largo del tiempo, por lo que se puede afirmar que muchos cultivos han alcanzado su techo productivo.

Con respecto a la productividad del agua, se aprecian mejoras en la eficiencia del uso de la misma en Segura o Guadiana. La importancia en el uso del recurso hídrico se refleja, entre otros casos, en los regadíos abastecidos con aguas subterráneas, ya que revelan una alta dependencia de las disponibilidades hídricas mostrando la correlación entre el agua y la productividad de la tierra.

Tanto la productividad de la tierra como la del agua han crecido en los últimos años. Aunque se debe destacar que gran parte de las variaciones producidas alrededor de esa tendencia creciente dependen de los precios. Es por eso que hay que prestar atención a este factor a la hora de evaluar pérdidas producidas por sequía o incluso sobreestimar los beneficios en años en los que el agua no es un factor limitante.

Poder llegar a conocer estos factores es fundamental para anticipar escenarios de futuro y por tanto las respuestas del sector, y de este modo orientar con mayor fundamento las decisiones políticas en materia hídrica y agraria, a menudo trascendentes en la medida que se están tomando decisiones sobre la asignación de recursos públicos a un sector al que en algunas ocasiones se cuestiona por la falta de eficiencia económica en el uso de éstos.

Los modelos de regresión muestran que la productividad del agua en el regadío aumenta cuando ésta es escasa, resultado que ha quedado muy patente en las sequías de Australia (The Economist, 2009; Craik y Cleaver, 2009). Por otro lado, aún controlando por cuenca y año, hemos verificado que aumentos en el porcentaje de cultivos con subvenciones de la PAC contribuyen a disminuir la productividad de la tierra. Ello puede ser por muchos motivos. Garrido e Iglesias (2009) muestran que las provincias con menos cambios en los rankings de productividad de los cultivos, son las que menor crecimiento de productividad muestran, empleando los mismos datos y enfoque de este estudio. Otra razón es que los pagos directos, asociados en el pasado a productos específicos, como cereales, oleaginosas y proteaginosas, pueden haber actuado como un freno a la adopción de patrones productivos más orientados al mercado. En todo caso, lo que todos los estudios demuestran es que la productividad de la tierra y del agua ha aumentado en España en los últimos años, consecuencia de la incorporación de capital, conocimiento y competencia. A cambio, se ha perdido trabajo estable, en favor de trabajo estacional (ver Molina y Marzo, en este volumen).

## Referencias bibliográficas

- Avellà, L. y García-Mollá, M. (2009). *Institutional Factors and Technology Adoption in Irrigated Farming in Spain: Impacts on Water Consumption*. En: Albiac, J. y Dinar, A. (eds): *The Management of Water Quality and Technologies*. Earthscan, Londres 249 pp.
- Craik, W. y Cleaver, J. (2009). *Modern Agriculture Under Stress - Lessons from the Murray-Darling*. En A. Garrido y H. Ingram. *Water for Food in a Changing World*. Routledge, Londres. En preparación.
- Garrido, A. y Iglesias, A. (2009). *Lessons for Spain: a critical assessment of the role of science and society*. En A. Garrido y H. Ingram. *Water for Food in a Changing World*. Routledge, Londres. En preparación.
- Garrido, A., Llamas, M.R., Varela, C., Novo, P., Rodríguez Casado, R. y Aldaya, M.M. (2009). *Water footprint and virtual water trade: policy implications*. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín. Santander. 2008.
- Garrido, A. y Varela-Ortega, C. (2008), *Economía del agua en la agricultura e integración de políticas sectoriales*. Jornada de presentación de resultados de panel científico técnico de seguimiento de la política del agua. Sevilla, 24 de enero de 2008.
- Gil Ocina, A. (2003). *Perduración de los planes hidráulicos en España*. En del Moral y Arrojo (coord.) *La directiva marco del agua: realidades y futuros*. Sevilla. ISBN 84-7820-700-7, pags. 29-62.
- Gómez, C.M (2009). "La eficiencia en la asignación del agua: principios básicos y hechos estilizados en España". *Información Comercial Española*, 847:23-39.
- Gómez-Limón, J.A. (2008). "El regadío en España". *Papeles de Economía Española*, 117:86-109.
- Llamas, M. R. (2005). *Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos*. Discurso inaugural del año 2005-06. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Madrid. Vol. 99, No 2, pp. 369-389.

- MAPA (2008). *Cuentas Económicas de la Agricultura (CEA)*, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid.
- MIMAM, (2007). *El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua en España*. Artículo 5 y Anejo III de la Directiva Marco de Agua, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- MIMAM, (2007). *El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua*. Artículo 5 y Anejos II y III de la Directiva Marco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España, 290 p.
- Novo, P., Garrido, A. y Varela Ortega, C. (2009). "Are virtual water "flows" in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity?". *Ecological Economics*, en prensa.
- Rico Amoros, A. (2006). *Políticas agrarias, eficiencia Socioeconómica y retos de futuro en los regadíos intensivos*. Boletín de la A.G.E. N.º 41 - 2006, págs. 113-149.
- Rodríguez Casado, R., Garrido, A. y Varela Ortega, C. (2009). "La huella hidrológica de la agricultura española". *Ingeniería del Agua*, en prensa.
- The Economist (2009). Sin aqua non. Apr 8th 2009. *The Economist* print edition. [http://www.economist.com/world/international/displayStory.cfm?story\\_id=13447271](http://www.economist.com/world/international/displayStory.cfm?story_id=13447271)

# Cambio estructural en las explotaciones de regadío<sup>1</sup>

*Dionisio Ortiz Miranda y Olga M<sup>a</sup> Moreno Pérez*

## 1. Introducción

La evolución estructural de las explotaciones agrarias ha recibido en España una gran atención por parte de los investigadores, especialmente a raíz de la incorporación española a la Unión Europea. Así, la adhesión comunitaria aumentó el interés sobre la denominada "brecha estructural", concepto que hace referencia a la diferencia que existe entre la reducida dimensión media de las explotaciones españolas frente a la de la mayoría de los demás países con los que se pasaba a compartir un mercado único. Al mismo tiempo que la comunidad científica analizaba estas cuestiones, se enriquecía la información estadística disponible con el inicio en 1987 de la publicación bianual de las Encuestas sobre Estructuras Agrarias por parte del Instituto Nacional de Estadística.

Por otra parte, las características y la evolución de las explotaciones en regadío también han sido objeto de especial atención en el ámbito académico español, habida cuenta que el regadío constituye un elemento diferencial básico de la agricultura de nuestro país frente a la del conjunto de la Unión Europea. A pesar de la relevancia que estas dos cuestiones han tenido en la literatura, su análisis combinado -el análisis de la dinámica estructural de las explotaciones de regadío- presenta algunas limitaciones derivadas de las estadísticas disponibles y el enfoque de los trabajos de investigación, como veremos más adelante.

---

<sup>1</sup> Este trabajo se enmarca en parte en el proyecto de investigación "El papel de la agricultura en los procesos de desarrollo y diferenciación de los territorios rurales españoles (RURAGRI)" (AGL2005-07827-C03-01), financiado por el MEC.

Sin embargo, dado que la finalidad de este trabajo no es realizar un análisis en profundidad sobre la evolución estructural de las explotaciones de regadío, sino tratar de presentar el estado de la cuestión, los datos publicados son suficientes para extraer algunas conclusiones interesantes sobre el patrón de cambio estructural de dichas explotaciones. Este análisis permite poner de manifiesto, entre otras cuestiones, cómo las explotaciones de regadío han adquirido en el período reciente un renovado protagonismo en la configuración de un nuevo modelo de cambio estructural.

El capítulo está estructurado de la siguiente forma. En primer lugar, se pone de relieve la existencia de una cierta laguna, tanto por parte de las estadísticas oficiales como de los trabajos de los investigadores, en relación al análisis del proceso de cambio estructural en la agricultura de regadío. A partir de ahí, se presentan los grandes datos del cambio estructural de la agricultura española. En concreto se abordan tres cuestiones: la evolución general de las estructuras agrarias, la aparente consolidación de un 'núcleo duro' de explotaciones, y el papel desempeñado por el arrendamiento en las estrategias de expansión de las explotaciones. Finalmente, se extraen las principales conclusiones de este recorrido por la evolución reciente de las estructuras agrarias de regadío.

## **2. El análisis del cambio estructural en la agricultura de regadío**

Son numerosos los trabajos que han abordado desde diversas ópticas el cambio estructural en la agricultura española (ver a modo de ejemplo Sumpsi, 1994; Arnalte y Estruch, 2001; Arnalte 2002 y 2006, o López Iglesias, 2003). Con todo, el análisis del cambio estructural en la agricultura de regadío ha quedado mucho menos desarrollado.

Posiblemente, la causa de esta aparente laguna haya que buscarla en la naturaleza de la información facilitada por las estadísticas sobre estructuras agrarias. Los datos oficiales publicados en España ofrecen una rica información tanto sobre las características estructurales de las explotaciones agrarias (especialmente los Censos Agrarios y las Encuestas sobre la Estructura de la Explotaciones que elabora el Instituto Nacional de Estadística) como sobre diversos aspectos de la agricultura de regadío (superficies, producciones, origen del agua, etc.). Sin embargo, la información relativa a la 'intersección' de esos dos aspectos -esto es, las características estructurales de las explotaciones de regadío- es mucho menos exhaustiva. Así por ejemplo, el análisis de los datos publicados

por el INE (ya sea los recogidos en los Censos o en las Encuestas) permite saber cuántas explotaciones cuentan con superficie en regadío, pero no cuál es la superficie total de esas explotaciones<sup>2</sup> o cuáles son sus características (régimenes de tenencia, cultivos a los que se dedica la superficie regada, cantidad y perfil del trabajo realizado en esas explotaciones, etc.). Cabe la posibilidad, no obstante, de realizar una explotación original de los microdatos que nutren esas dos fuentes estadísticas, y que desde hace unos años viene haciendo accesibles el propio INE en su página Web<sup>3</sup>.

Además, a la información ofrecida por las estadísticas oficiales hay que añadir los resultados de algunos trabajos que permiten extraer algunas ideas adicionales, a pesar de que no se trata de publicaciones dirigidas específicamente a caracterizar el proceso de cambio estructural en la agricultura de regadío en España. Así, la investigación publicada en Arnalte *et al.*, (2006) permite, sobre la base de más de 3.500 encuestas realizadas a regantes, obtener una detallada foto fija de las características estructurales de las explotaciones de regadío en nuestro país, aunque no ofrece una información similar sobre su dinámica. También de carácter estático es la información que, a partir de la explotación del Censo de 1999, recogen Molinero *et al.*, (2004) para estas unidades productivas. Por otra parte, otros trabajos que sí abordan de un modo dinámico el proceso de ajuste (por ejemplo, Arnalte, 2006) contemplan entre sus estudios de caso algunos sistemas agrarios de regadío (herbáceos en Castilla y León u olivar en Andalucía), aunque con una cobertura mucho menos amplia que en el caso anterior.

### 3. Las grandes cifras del cambio estructural

La evolución de las estructuras agrarias en España ha venido respondiendo a lo largo de las últimas décadas a lo que puede denominarse un patrón clásico, esto es, una reducción en el número de explotaciones y un aumento del tamaño físico medio de las que han ido quedando en el sector. Esta tendencia puede observarse, para el período más reciente, en el Cuadro 1, que muestra la evolución agregada del conjunto de explotaciones, así como la importancia relativa de las explotaciones con regadío.

---

<sup>2</sup> Sólo se conoce la superficie cultivada en regadío.

<sup>3</sup> <http://www.ine.es/prodyser/microdatos.htm>

**Cuadro 1. Evolución de las explotaciones agrarias en España**

	1993	1995	1997	2003	2005	2007
Num. total de explotac. (miles)	1.383,9	1.277,6	1.208,3	1.128,0	1.069,7	1.036,2
SAU (miles ha.)	24.713,7	25.230,3	25.630,1	25.175,3	24.855,1	24.892,5
SAU por explot. (ha) (a)	18,0	19,9	21,4	22,5	23,4	24,2
MBT por explot. (UDE) (b)	7,0	8,7	10,7	15,3	18,7	20,7
Num. explotac. con superficie regada (miles)	769,4	705,2	702,3	647,3	625,0	581,8
% respecto al total de explotac.	55,6	55,2	58,1	57,4	58,4	56,1
Superficie regada por explotac. (ha)	3,27	3,75	4,40	5,40	5,47	5,71

(a) Referido al total de explotaciones con SAU.

(b) Referido al total de explotaciones con MBT (margen bruto total) mayor que 0.

Fuente: Arnalte y Herrera (2006) y elaboración propia a partir de INE, Encuestas sobre la Estructura de las Explotaciones.

A partir de esos grandes datos, pueden extraerse algunas consideraciones iniciales:

- Se observa, en primer lugar, una cierta ralentización del proceso de ajuste si atendemos a la evolución de la SAU media de las explotaciones. Esta tendencia, lejos de significar una desaceleración de las transformaciones estructurales en la agricultura española, esconde un cambio en el modelo de ajuste. En un trabajo reciente, Arnalte *et al.*, (2008) muestran cómo en el inicio del siglo XXI estamos siendo testigos de un punto de inflexión en el proceso de cambio estructural en la agricultura española. Así, "*si durante los años anteriores las explotaciones agrarias habían optado claramente por una estrategia de crecimiento en superficie para aprovechar las economías de escala y afrontar así el deterioro de sus márgenes empresariales, el cambio de siglo está mostrando unas estrategias más basadas en la intensificación productiva como vía para aumentar la dimensión económica (no tanto física) de las explotaciones*" (p. 72). De esta forma, este cambio de modelo se vería reflejado en una ralentización del crecimiento de la superficie media de las explotaciones agrarias, ralentización que no se observa en términos de dimensión económica media.
- En segundo lugar, si nos fijamos en la evolución de las explotaciones en regadío, lo primero que llama la atención es el elevado peso que tienen respecto al total de unidades productivas. En efecto, las explotaciones con superficie regada se mueven sin grandes variaciones entre el 55% y el 60% del total. Este elevado porcentaje escondería, según Molinero *et al.*, (2004), un número importante de explotaciones sin carácter comercial (de hobby o huertos familiares gestionados por jubilados)<sup>4</sup>.

- Por último, la superficie regada por explotación -único dato publicado sólo para las explotaciones con regadío- sí que ha ido aumentando progresivamente. Este aumento es el resultado de la acción combinada de la disminución del número de explotaciones con superficie regada y el aumento de la superficie total de regadío a lo largo de todo el período.

Un análisis más detallado del período más reciente, referido al decenio 1997-2007 (este último año correspondiente a la última Encuesta de Estructuras publicada antes del Censo de 2009), permite identificar algunos aspectos de relevancia. El Cuadro 2 recoge la variación del número de explotaciones entre esos dos años por Orientaciones Técnico Económicas (OTE) tanto en términos globales como sólo para las explotaciones con superficie en regadío.

De estos datos más desagregados pueden extraerse las siguientes ideas:

- En primer lugar, resulta llamativo que la disminución del número de explotaciones con regadío sea superior a la de las que no lo tienen. Esta tendencia parece desmontar la hipótesis de que las explotaciones con regadío (en general más intensivas) muestran una mayor resistencia a la desaparición. Es más, en el rango intermedio de dimensiones económicas (entre 6 y 12 UDEs) se observa una evolución opuesta entre las explotaciones sin regadío (que estarían aumentando en número) y las que riegan (que disminuyen hasta el punto de inflexión de las 16 UDEs). En definitiva, a nivel agregado se constata una dinámica de ajuste mucho más intensa en la agricultura de regadío que en la de secano en el período considerado.
- En segundo lugar, esta dinámica agregada esconde un comportamiento bastante desigual por OTEs. Así, tenemos:
  - OTEs en clara recesión, correspondientes no sólo a los sistemas agrarios tradicionalmente sometidos a este proceso -los más extensivos (cereales, oleaginosas y leguminosas y cultivos agrícolas diversos) y los de explotaciones con menor especialización incluidos en las OTEs mixtas (policultivos, ganadería mixta -herbívoros- y combinación cultivos y ganadería), sino que además de

---

<sup>4</sup> Hay que señalar que el análisis de Molinero *et al.*, (2004) se sustenta en datos del Censo Agrario de 1999, que integra a muchas explotaciones de pequeña dimensión que quedan fuera del universo del que se extraen las sucesivas muestras para las Encuestas de Estructuras.

**Cuadro 2. Variación (1997-2007) del número de explotaciones totales y con regadío por OTE y UDE**

		Total	0 a <4	4 a <6	6 a <8	8 a <12	12 a <16	16 a <40	< 40
Total	Todas	-163.497	-260.717	-9.314	9.197	1.443	3.951	33.086	58.855
	Con reg.	-120.982	-141.678	-16.470	-4.868	-4.997	-1.530	16.833	31.729
13 Cereales, oleaginosas y leguminosas	Todas	-29.869	-13.599	-2.122	-1.873	-2.222	-2.285	-6.117	-1.651
	Con reg.	-13.173	-2.091	-878	-695	-2.180	-1.822	-3.542	-1.965
14 Cultivos agrícolas diversos	Todas	-23.465	-13.306	-2.282	-1.213	-2.426	-907	-3.985	654
	Con reg.	-18.822	-9.774	-1.711	-1.276	-2.076	-635	-3.967	617
2 Horticultura (huerta y flores)	Todas	-10.247	-10.495	-2.070	-2.613	-3.083	-1.120	3.985	5.150
	Con reg.	-9.241	-9.739	-2.197	-2.526	-2.842	-1.158	3.913	5.309
31 Viticultura	Todas	21.384	-14.626	3.246	4.746	5.969	4.613	11.338	6.097
	Con reg.	13.223	-2.369	596	2.509	1.709	1.660	5.572	3.546
32 Frutales y cítricos	Todas	-32.889	-68.949	1.430	1.937	9.318	3.731	11.205	8.438
	Con reg.	-32.609	-53.951	-1.061	-368	6.418	1.725	7.614	7.015
33 Olivar	Todas	40.452	-25.287	8.842	14.321	9.381	7.283	15.481	10.431
	Con reg.	17.165	-5.217	-1.941	2.987	4.685	4.031	7.499	5.121
34 Cultivos leñosos diversos	Todas	-15.687	-27.532	-1.873	1.431	314	1.766	7.155	3.050
	Con reg.	-1.212	-9.941	172	658	-903	1.553	5.134	2.116
41 Bovinos de leche	Todas	-32.112	-12.417	-5.889	-5.431	-8.625	-4.090	-328	4.668
	Con reg.	-24.765	-8.933	-4.076	-3.975	-6.617	-3.341	-269	2.447
42 Bovinos de carne	Todas	4.450	-4.534	656	934	2.322	1.225	2.698	1.148
	Con reg.	2.163	-2.175	789	637	1.163	747	705	298
43 Bovinos mixtos	Todas	-5.097	-3.213	-987	-201	-427	-92	-189	12
	Con reg.	-3.742	-2.297	-892	-183	-220	-73	-115	39
44 Ovinos, caprinos y otros herbívoros	Todas	-17.519	-17.922	-1.623	-661	-3.328	-1.539	82	7.473
	Con reg.	-2.066	-2.790	-785	144	-572	-591	200	2.328
5 Granívoros	Todas	6.528	790	306	151	-424	-564	-2.275	8.543
	Con reg.	991	249	-53	-40	-96	-383	-1.782	3.096
6 Policultivos	Todas	-37.794	-27.999	-4.874	-851	-3.411	-2.041	-1.443	2.825
	Con reg.	-25.405	-16.857	-3.322	-1.499	-2.795	-1.824	-1.069	1.960
71 Ganadería mixta, predominio herbívoros	Todas	-12.958	-11.443	7	-179	-392	-582	-881	513
	Con reg.	-10.403	-9.373	302	-384	-231	-415	-405	103
72 Ganadería mixta, predominio granívoros	Todas	4.017	3.649	-193	-108	-200	2	-183	1.048
	Con reg.	2.324	3.457	-101	-79	-158	-684	-367	256
81 Agricultura general y herbívoros	Todas	-20.068	-13.049	-1.567	-579	-703	-909	-2.799	-462
	Con reg.	-14.071	-9.680	-1.151	-473	-124	-439	-1.759	-445
82 Otros cultivos y ganadería	Todas	-2.623	-785	-321	-614	-620	-540	-658	918
	Con reg.	-1.945	-197	-160	-305	-158	-488	-528	-110

Fuente: Elaboración propia a partir de INE, Encuestas sobre la Estructura de las Explotaciones 1997 y 2007.

éstos, el ajuste parece estar siendo especialmente intenso en el caso de las OTEs más intensivas (caso de la horticultura y los cítricos, fundamentalmente con dominio del regadío), en las que el ritmo de desaparición de explotaciones había sido tradicionalmente más lento.

- OTEs en expansión, entre las que destacan el viñedo y la olivicultura. En estos casos, lo más relevante es que, a pesar de tratarse de orientaciones productivas tradicionalmente de secano, una parte importante del aumento de efectivos corresponde a explotaciones con regadío, lo que estaría indicando no sólo la entrada de explotaciones procedentes de otras OTEs, sino una importante intensificación productiva a través de la transformación en regadío.
- Finalmente, en las OTEs ganaderas -a pesar de que el regadío no desempeña un papel relevante en las mismas-, se observa igualmente una fuerte dinámica de transformación, en la que destaca el ajuste de las explotaciones de bovino de leche, donde la caída de explotaciones con regadío constituye en torno al 75% de las que desaparecen. Además, en el caso de la ganadería se constata un notable aumento de las explotaciones con granívoros, lo que respalda la tendencia intensificadora.

#### **4. La agricultura de regadío en la configuración del "Núcleo Duro" de la agricultura española**

En el citado trabajo de Arnalte *et al.*, (2008), también se refleja la configuración de un 'núcleo duro' de explotaciones en la agricultura española, correspondiente a aquellas que superan el umbral de la 16 UDE. Así, a ambos lados de ese umbral dimensional encontramos dinámicas diferentes en relación a la variación del número de explotaciones; además, por encima de esa dimensión se observa también una expansión notable del arrendamiento o del aumento de las titulares jurídicas.

A este respecto, si separamos las explotaciones con y sin regadío (ver Cuadro 3), podemos observar cómo las 16 UDE constituyen un punto de corte especialmente claro para las explotaciones de regadío (que disminuyen en número por debajo de ese umbral y aumentan de forma notable por encima).

Aunque a partir de los datos publicados por el INE, no es posible aislar el peso relativo de ese núcleo duro sólo para las explotaciones de regadío, sí merece la pena calibrar su importancia agregada en el conjunto de la agricultura española (ver Cuadro 4).

De esta forma, se observa claramente la expansión de este conjunto de explotaciones en relación a la SAU que gestionan, el Margen Bruto que generan y el trabajo que utilizan. En ese conjunto de explotaciones se constata el peso relativo de las explotaciones de regadío, aunque también cómo su importancia relativa parece disminuir a lo largo del período considerado.

**Cuadro 3. Variación entre 1997 y 2007 del número de explotaciones por estratos de dimensión económica (UDE)**

Estratos de UDE	Con regadío	Sin regadío	Total
< 1	-50%	-53%	-52%
1 a < 2	-47%	-48%	-47%
2 a < 4	-29%	-11%	-22%
4 a < 6	-21%	<b>16%</b>	-8%
6 a < 8	-10%	55%	12%
8 a < 12	-8%	18%	1%
12 a < 16	-4%	25%	6%
16 a < 40	<b>20%</b>	34%	25%
40 a < 60	51%	114%	72%
>= 60	111%	160%	128%
<b>Total</b>	<b>-17%</b>	<b>-9%</b>	<b>-14%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de INE, Encuestas sobre la Estructura de las Explotaciones 1997 y 2007.

**Cuadro 4. Importancia relativa de las explotaciones de más de 16 UDE**

	1997		2007	
	valor	porcentaje <sup>a</sup>	valor	porcentaje <sup>a</sup>
Explotaciones totales (número)	189.262	15,7 %	281.200	27,1 %
Explotaciones con regadío (número)	122.331	17,4 % (b)	170.893	29,4 % (b)
SAU (has)	15.713.642	61,4 %	17.751.073	71,4 %
Margen Bruto (UDE)	8.762.324	68,4 %	17.753.527	82,4 %
Trabajo total (UTA)	455.206	41,4 %	545.343	56,4 %
Explotaciones con regadío (número)	122.331	64,6 % (c)	170.893	60,8 % (c)

(a) Los porcentajes muestran, salvo que se indique lo contrario, el peso de las explotaciones de más de 16 UDE respecto del total de explotaciones con MBT > 0.

(b) Explotaciones de más de 16 UDE con regadío respecto del total de explotaciones con regadío.

(c) Explotaciones de más de 16 UDE con regadío respecto del total de explotaciones de más de 16 UDE.

Fuente: Elaboración propia a partir de INE, Encuestas sobre la Estructura de las Explotaciones 1997 y 2007.

## 5. El papel del arrendamiento en el cambio estructural

Es necesario, en el marco del análisis sobre cambio estructural de la agricultura, hacer referencia a las bases institucionales sobre las que se sustenta. En este sentido, adquiere especial importancia el papel de los distintos regímenes de tenencia en la configuración de la evolución estructural. A nivel de estadísticas publicadas nos encontramos, sin embargo, con las limitaciones arriba reseñadas, y que dificultan conocer las características concretas de las explotaciones con regadío. Aunque no a nivel dinámico, Arnalte y Herrera (2006) sí recogen datos sobre esta cuestión, llegando a los siguientes resultados:

- En primer lugar, constatan que la distribución de la tierra por regímenes de tenencia en las explotaciones con regadío no difiere de forma significativa de los porcentajes globales de la agricultura española. Así, en relación a la superficie labrada en regadío estos porcentajes están en 72,8% en propiedad, 25,4% en arrendamiento, 0,8% en aparcería y 1,0% bajo otros regímenes (p. 123). Obviamente, estos datos medios esconden situaciones diferentes atendiendo a las características específicas de los distintos sistemas agrarios. Así por ejemplo, el porcentaje de tierra arrendada labrada en regadío es más alto en paisajes de regadío<sup>5</sup> *extensivos interiores* (con un 34,4%) y en los *hortofrutícolas interiores* (29,8%) que en los *mediterráneos* y *suratlánticos* (16,6%), en los que se encuentra una mayor proporción de cultivos permanentes, donde la recurrencia al arrendamiento ha sido siempre menos frecuente.
- En segundo lugar, estos autores realizan un análisis más detallado del arrendamiento, habida cuenta de la importancia de este régimen de tenencia en el cambio estructural reciente de la agricultura española (ver también López Iglesias, 2003). En este sentido, los resultados muestran una clara correlación positiva entre el tamaño físico de las explotaciones y el porcentaje de tierra labrada en regadío arrendada, especialmente en los *regadíos hortofrutícolas interiores* y *mediterráneos* y *suratlánticos*. Por su parte, en el caso de los regadíos extensivos interiores esta correlación es también positiva, pero sólo hasta alcanzar un determinado umbral dimensional (en torno a las 50 hectáreas) a partir del cual el porcentaje de arrendamiento tiende a estancarse.

---

<sup>5</sup> Siguiendo la denominación que reciben en este trabajo.

La evolución del arrendamiento muestra también en los últimos años una cierta transformación en el marco del citado cambio de modelo de ajuste en la agricultura española. Así, Arnalte *et al.*, (2008) muestran cómo estarían siendo precisamente las OTE más intensivas las que estarían basando en el período más reciente una parte importante de sus estrategias de crecimiento en la expansión de la superficie arrendada.

## 6. Conclusiones

Este trabajo ha pretendido mostrar, a pesar de las limitaciones de las estadísticas oficiales publicadas, el papel desempeñado por las explotaciones de regadío en el proceso de ajuste de la agricultura española. El proceso de cambio estructural ha seguido, en el período más reciente, un nuevo modelo. En efecto, si durante las décadas anteriores el ajuste había tenido lugar de manera más intensa en los sistemas agrarios más extensivos (en especial en los sistemas herbáceos), en el cambio de siglo son las orientaciones más intensivas las que parecen haber tomado el relevo de la dinámica de transformación de la agricultura española. De esta forma, a los fuertes ajustes que se observan en las OTEs de horticultura y cítricos, hay que añadir la notable entrada de explotaciones en las de olivicultura y viñedo, de la mano en muchos casos de una intensificación productiva en la que el regadío desempeña un papel central.

Así, las explotaciones de regadío, que habían mostrado en el pasado una dinámica de cambio estructural menos intensa que las de secano, adquieren un nuevo protagonismo en el proceso de ajuste de la agricultura. La intensidad del proceso pone de relieve la existencia de una fuerte presión sobre la tierra en estos sistemas, esto es, la existencia de una demanda constante por parte de agricultores y empresas agrarias embarcados en estrategias expansivas de negocio (ver Arnalte y Ortiz, 2006).

Muestra de esa dinámica es el aumento de la recurrencia al arrendamiento como vía de expansión en las orientaciones productivas más intensivas. Este aumento es el reflejo no sólo del dinamismo de estos subsectores, sino de la difusión de relaciones contractuales cada vez más complejas en el seno de los mismos (incremento de las personalidades jurídicas, nuevas estrategias de las grandes empresas agrarias).

Quedan, en todo caso, numerosos interrogantes que abordar y que permitan contrastar diversas hipótesis sobre las fuerzas motoras de estas transformaciones estructurales. Así por ejemplo, una mayor capitalización de las explotaciones podría haber incrementado la importancia de las economías de escala en unos sistemas tradicionalmente más intensivos en el empleo de la mano de obra (lo que laminaba en cierto modo dichas economías de escala), aumentando la brecha de rentabilidad entre las pequeñas y grandes explotaciones. También es necesario prestar atención a la incidencia de factores externos, en especial a la competencia por los usos del suelo, sobre todo en las regiones costeras. En este último caso, un análisis regional más exhaustivo permitiría esclarecer en qué medida el cambio estructural presenta perfiles regionales divergentes atendiendo a las distintas dinámicas territoriales.

En definitiva, esa laguna a la que hacíamos referencia al inicio del capítulo -relativa al análisis del cambio estructural en las explotaciones de regadío- merece ser atendida, tanto con más estudios de caso como con un tratamiento más amplio en las estadísticas oficiales, de manera que nos permita entender mejor la dinámica resultante de las estrategias estructurales de los agricultores y empresas agrarias.

## Referencias bibliográficas

- Arnalte, E. (Coord.) (2006). *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española*. Serie Estudios MAPA, Madrid.
- Arnalte, E., Camarero, L. y Sancho, R. (Eds.) (2006). *Los regantes. Perfiles productivos y socioprofesionales*. Serie Estudios MAPA, Madrid.
- Arnalte, E. y Estruch, V. (2001). "Évolution des structures foncières dans l'agriculture espagnole". En: Jouve, A.M. (Ed.): *Terres méditerranéennes*, Karthala, París: 81-102.
- Arnalte, E. y Herrera, P. (2006). "Caracterización de las explotaciones de los regantes". En Arnalte, E., Camarero, L. y Sancho, R. (Eds.): *Los regantes. Perfiles productivos y socioprofesionales*. Serie Estudios MAPA, Madrid: 111-162.
- Arnalte, E., Ortiz, D. y Moreno, O. (2008). "Cambio estructural en la agricultura española. Un nuevo modelo de ajuste en el inicio del Siglo XXI". *Papeles de Economía Española*, 117: 59-73.
- Arnalte, E. y Ortiz, D. (2006). "Lectura comparada de los procesos de ajuste: factores determinantes e incidencia de las políticas". En Arnalte, E. (Coord.): *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española*. Serie Estudios MAPA, Madrid: 355-381.
- López Iglesias, E. (2003). "Las estructuras agrarias en España: análisis de sus transformaciones en la década de los noventa". *Papeles de Economía Española*, 96: 20-37.
- Molinero, F., Majoral, R., García Bartolomé, J.M. y García Fernández, G. (Coords.) (2004). *Atlas de la España Rural*. MAPA, Madrid.
- Sumpsi, J.M. (Coord.) (1994). *Modernización y cambio estructural en la agricultura española*. Serie Estudios MAPA, Madrid.

# Adopción de tecnologías ahorradoras de agua en la agricultura

*Francisco Alcón, Narciso Arcas, M<sup>a</sup> Dolores de Miguel y M<sup>a</sup> Ángeles Fernández-Zamudio*

## 1. Introducción

La importancia del agua para el desarrollo económico de un territorio es evidente. Sin embargo, al tratarse de un recurso limitado, y en muchas zonas de España escaso, para que este desarrollo se realice de forma sostenible se pueden adoptar diversas líneas estratégicas que van desde la disminución de la demanda, hasta el incremento de la oferta, pasando por la mejora de la eficiencia en su utilización (MIMAM, 2007). Aunque las tres estrategias son interesantes, el aumento de la oferta y la disminución de la demanda presentan un alto grado de dificultad, por lo que la mejora de la eficiencia de su uso se revela como una buena opción para alcanzar los objetivos medioambientales establecidos en la Directiva Marco del Agua.

La agricultura sigue siendo una de las actividades económicas que hay que impulsar para mantener el empleo y fijar la población en el medio rural. Sin embargo, las elevadas cantidades de agua que precisa hacen que ejerza una fuerte presión sobre el medio hídrico y que genere impactos negativos en los ecosistemas.

Como consecuencia de la estrecha vinculación entre rentabilidad de las explotaciones agrarias y regadío, se ha producido un gran desarrollo de las tecnologías relacionadas con el uso del agua en agricultura, desde las fases de captación, embalse y distribución del agua, hasta los instrumentos que permiten aportar agua al cultivo con estricta precisión.

La tecnología se convierte así en una herramienta fundamental para aumentar la eficiencia del uso del agua en agricultura, y una buena aliada en las estrategias de ahorro. Además, optimizando la gestión de este recurso natural se mejora el estado ecológico de las aguas y se hace un uso más sostenible, cuestiones de gran relevancia en la aplicación de las actuales políticas agrícolas y medioambientales.

Para aumentar la eficiencia del agua en la agricultura se puede actuar a diferentes niveles (Sumpsi *et al.*, 1998). De un lado, en el ámbito de la cuenca, aplicando la tecnología en el transporte del agua desde el embalse regulador hasta la cabecera de la zona regable. De otro lado, en la Comunidad de Regantes, controlando la distribución desde la cabecera de la zona regable hasta las parcelas de los agricultores; y finalmente en la explotación, con técnicas de distribución del agua desde pie de parcela hasta la planta, mediante diferentes sistemas de riego y métodos de programación del mismo. Con relación a este último nivel, la tecnología incluye los procedimientos de aplicación de agua en la planta y los que permiten conocer las necesidades de agua del cultivo. Precisamente en estas dos tecnologías se centra este trabajo, que tiene como objetivo describir las principales tecnologías ahorradoras de agua en las explotaciones agrarias, así como los procesos de adopción y difusión por parte de sus usuarios.

## 2. Tecnologías ahorradoras de agua en las explotaciones agrarias

### 2.1. Tecnología de aplicación del agua en la planta

Respecto a la tecnología de aplicación del agua en el interior de la parcela, destaca el riego localizado en su modalidad de riego por goteo. Éste consiste en la aplicación del agua a través de puntos o una línea de emisores, sobre o bajo la superficie del terreno y operando a bajas presiones (Dasberg y Or, 1999). Con respecto al tradicional, el riego localizado tiene como ventajas la obtención de mayores rentabilidades, ya que hay un incremento de la eficiencia de aplicación del agua<sup>1</sup>, se reduce la evaporación de agua del suelo, la escorrentía y las pérdidas en percolación profunda. Además, la automatización posibilita una reducción del uso de mano de obra y la aplicación conjunta de abonado y

---

<sup>1</sup> Se estima con el riego localizado se puede alcanzar una eficiencia en campo del 90%, mientras que la del riego tradicional es del 50-60% y la del riego por aspersión entre un 70-80% (Dasberg y Or, 1999).

riego (fertirrigación). También permite la utilización de aguas más salinas, y disminuye los riesgos fitosanitarios y la proliferación de malas hierbas (Keller y Bliesner, 1990). Por último, los sistemas de riego localizado son más adaptables a la heterogeneidad del suelo, permitiendo un reparto más uniforme del agua con independencia de la orografía del terreno (Skaggs, 2001).

Aunque son muchos los beneficios de esta tecnología, derivados del ahorro de agua y de mano de obra, también presenta desventajas respecto a otros sistemas de riego. Por una parte, necesita un mayor mantenimiento y control de la instalación, una disponibilidad continua del recurso, y frecuentes revisiones para evitar la obstrucción de emisores, las fugas y la acumulación excesiva de sales en la zona radicular como consecuencia de un inadecuado lavado del frente húmedo. Además, la tecnología de riego por goteo requiere de una inversión inicial elevada y de un diseño previo de la instalación que facilite su mantenimiento posterior y asegure una eficiencia óptima del riego (Keller y Bliesner, 1990).

El balance favorable de las ventajas del uso del riego por goteo, frente a sus inconvenientes, queda reflejado en el comportamiento adoptante mostrado por los empresarios agrícolas en las zonas de regadío. A este comportamiento también han contribuido las Administraciones Públicas apoyando las inversiones orientadas a mejorar las estructuras agrarias, con el fin de elevar su nivel de competitividad, conservar el medio ambiente y mejorar las condiciones de vida y trabajo de los agricultores. Una de las iniciativas en este sentido, queda recogida en la Ley 19/1995, de 4 de julio, de modernización de las explotaciones agrarias, al aludir a la necesidad de realizar una gestión eficiente y sostenible del agua. Esto ha propiciado que el 45,87% de las tierras de regadío en España posean tecnología de riego localizado, siendo la Región de Murcia la de mayor porcentaje de superficie con riego por goteo (77,31%), seguida de Canarias (73,94%) y Andalucía (73,67%) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Distribución de la superficie regada por comunidades autónomas en 2008**

Comunidad Autónoma	S. Regada (ha)	S. con R. Localizado (ha)	Localizado / Regada (%)
Galicia	16.636	963	5,79
Asturias	358	210	58,66
Cantabria	138	1	0,72
P. Vasco	7.626	1.623	21,28
Navarra	80.119	16.340	20,39
La Rioja	45.923	14.723	32,06
Aragón	374.325	43.325	11,57
Cataluña	242.836	78.462	32,31
Baleares	19.795	9.584	48,42
C. León	376.697	15.460	4,10
Madrid	14.400	1.892	13,14
C. Mancha	482.660	260.616	54,00
C. Valenciana	335.117	181.042	54,02
R. Murcia	170.307	131.660	77,31
Extremadura	230.546	72.224	31,33
Andalucía	953.667	702.557	73,67
Canarias	23.481	17.361	73,94
REGADA	3.374.632	1.548.043	45,87

Fuente: MMAMRM (2008).

## 2.2. La Tecnología para determinación de las necesidades hídricas de los cultivos

Si la utilización de sistemas de riego ahorradores de agua, como el riego por goteo, es fundamental para la adecuada gestión de este recurso, no es menos importante la determinación del momento y volumen de agua a aplicar en cada riego. Por ello, estas decisiones, que tradicionalmente se han basado en la experiencia previa y no en procedimientos científico-técnicos, exigen cada vez más contar con información precisa que permita programar los riegos de forma eficiente (Fereres y Goldhamer, 2000).

Existen numerosos métodos de programación de riegos, pero todos ellos se han agrupado tradicionalmente en tres categorías, basadas en: a) datos climáticos, b) estado hídrico del suelo, y c) estado de la planta.

**Datos climáticos.** La estimación de las necesidades hídricas máximas del cultivo se basa en el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y en la utilización de coeficientes de cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1977). Estas metodologías requieren el empleo de variables climáticas obtenidas con tecnologías para el control del clima (sensores de pluviometría, radiación global y neta, humedad relativa y temperatura del aire, velocidad y dirección del viento, evaporación potencial a partir de tanques clase A, etc.).

**Estado hídrico del suelo.** El balance de agua en el suelo ha sido uno de los métodos más utilizados para determinar las necesidades hídricas de los cultivos arbóreos. Se trata de cuantificar las cantidades de agua que entran, salen o permanecen en un volumen de suelo durante un tiempo determinado (Goldhamer *et al.*, 1999).

**Estado de la planta.** Aunque está muy extendida la idea de utilizar a la propia planta como detector de sus necesidades hídricas, al integrar ésta las condiciones de su entorno, clima y suelo, son muy escasas las explotaciones comerciales que se apoyan en el estado de la planta para el manejo del riego (Nortes *et al.*, 2005).

### 3. Adopción de tecnologías de riego

En la literatura los términos adopción y difusión de innovaciones aparecen utilizados, en muchas ocasiones, de forma indistinta. Sin embargo, aunque son muy similares, la adopción hace referencia a un proceso de decisión individual sobre la aceptación de una innovación, mientras que la difusión se refiere al proceso de aceptación de una innovación por un conjunto de individuos en el tiempo y en el espacio. Así, la adopción es vista desde la perspectiva del individuo (micro, desagregado), mientras que la difusión lo es desde la propia tecnología (macro, agregado) (Feder y Umali, 1993).

Para Rogers (1962), la adopción es un proceso mental por el que pasa un individuo desde que tiene conocimiento por primera vez de la existencia de una innovación hasta que toma la decisión final de adoptar. Posteriormente, desde el punto de vista de las tecnologías agrarias, Sidibé (2005) define la adopción como la extensión en la cual una nueva tecnología es utilizada de forma equilibrada con otras actividades, en un largo periodo de tiempo y suponiendo que los agricultores tienen información completa sobre la tecnología y su potencialidad.

Según Lindner (1987) la adopción es un proceso simple, a pesar de la gran diversidad de tipos de innovaciones, patrones de difusión, características de los potenciales adoptantes y tiempo empleado por éstos para decidir si adoptan o rechazan una innovación. En cualquier caso, este proceso implica dos componentes universales: una elección con riesgo y la adquisición de conocimiento.

La elección de adoptar es arriesgada porque existe una incertidumbre en torno a la innovación que se irá reduciendo con la adquisición de conocimiento. Así, las técnicas de decisión de elección están condicionadas a un estado de conocimiento incierto de la innovación y de aquellos factores que afecten a la decisión. Si el centro decisor tuviera conocimiento completo podría decidir con certeza. Por lo tanto, la decisión dependerá del conocimiento de los distintos parámetros, y estará envuelta en un proceso de aprendizaje dinámico compuesto por una adquisición de la información y la posterior incorporación de ésta a las anteriores creencias de los potenciales adoptantes. Estas creencias que van cambiando con el tiempo modifican el conocimiento sobre la tecnología y las decisiones de adoptar (Pannell *et al.*, 2006).

La mayoría de los trabajos de adopción encontrados en la literatura identifican los factores que afectan la decisión final de adoptar, comparando adoptantes y no adoptantes en un momento del tiempo. Para ello, utilizan modelos de elección discreta bajo el marco teórico de la teoría de la utilidad esperada y consideran que la adopción es más probable cuando la utilidad subjetiva que la tecnología le reporta al agricultor ( $U_{nt}$ ) es superior a la utilidad percibida por la tecnología tradicional ( $U_{tt}$ ). Bajo este marco teórico la adopción ocurrirá en el momento del tiempo que  $U_{nt} > U_{tt}$ . Estos modelos, que permiten identificar los diferentes factores que afectan a la probabilidad de adoptar, han sido aplicados para analizar diferentes tecnologías de riego (Green y Sunding, 1997; Foltz, 2003).

Otra corriente de la teoría de adopción entre individuos trata de explicar el tiempo que tardan los individuos, con diferentes características y que se enfrentan a diferentes situaciones de mercado, en adoptar una determinada tecnología (Karshenas y Stoneman, 1995). Para ello se utilizan modelos de duración que permiten identificar estadísticamente el signo y la magnitud de los efectos de las variables explicativas sobre la longitud del rango (Lancaster, 1990).

Esta metodología permite abordar la difusión y la adopción de forma simultánea, dado que la dicotomía existente entre la difusión como un proceso (nivel macro) y la adopción debida a la heterogeneidad individual (nivel micro) es un artificio en el que la curva de difusión es un agregado de las decisiones de adopción individuales. Además, al análisis de datos de sección cruzada se le puede incorporar un elemento dinámico utilizando series temporales que capturen el carácter temporal subyacente del proceso de difusión. En España, esta metodología ha sido aplicada por Alcón (2007) para analizar la adopción de tecnología de riego localizado y por Alcón *et al.*, (2008) para tecnologías de distribución y control del agua de riego.

## 4. Factores que condicionan la adopción

Las nuevas tecnologías serán adoptadas en la medida que contribuyan al logro de los objetivos de los potenciales adoptantes (Pannell *et al.*, 2006). Por ello, la adopción dependerá de las expectativas que la innovación genera y de los objetivos de los potenciales adoptantes. Dada la gran variabilidad existente entre individuos, existen numerosos factores (antecedentes) que contribuyen a explicar la adopción de tecnologías de riego.

En la literatura aparecen diferentes clasificaciones de los factores que afectan a la adopción de innovaciones en agricultura (Feder y Umali, 1993; Abadi Ghadim y Pannell, 1999). Con relación a las tecnologías de riego, Foltz (2003) clasifica los factores que explican por qué estas innovaciones se difunden en un área determinada en: a) la escasez de recursos, b) las restricciones de capital, c) los costes de aprendizaje, y d) la aversión al riesgo. A su vez este último factor se podría desglosar en dos: cuando la aversión hace referencia al rechazo al riesgo que las personas poseen, y cuando el riesgo proviene por la incertidumbre acerca del output que generará la innovación.

La escasez de recursos naturales provoca un incremento de su precio sombra, induciendo en sus usuarios la adopción de innovaciones que los ahorren. Esta hipótesis sugiere que las tecnologías ahorradoras de agua se difundirán a un ritmo que dependerá de los precios relativos de los recursos en un área determinada (Hayami y Ruttan, 1985). De esta forma, los primeros individuos en adoptar tecnología de riego serán aquellos que tengan mayores restricciones de agua y accedan a ella a unos precios más elevados.

Bajo esta premisa, tanto la escasez, medida en función de la disponibilidad de agua, como el precio del agua, son variables que ejercen un efecto positivo sobre la adopción, tal y como han corroborado diferentes trabajos de adopción de tecnologías de riego (Green *et al.*, 1996; Carey y Zilberman, 2002). En España, el trabajo de Alcón (2007) demuestra que conforme se incrementa el precio del agua, aumenta la probabilidad de adoptar tecnología de riego.

Por el contrario, también se comprueba que la disponibilidad de agua a través de una fuente alternativa de suministro, como el agua subterránea, incrementa las probabilidades de adoptar. Es decir, los agricultores necesitan un suministro mínimo que garantice sus inversiones. Esto también fue corroborado por Alcón *et al.*, (2008) al analizar la tecnología de distribución y control del agua en las comunidades de regantes. Estos autores

observaron que en los periodos de sequía, en los cuales la escasez es mayor y por lo tanto se prevén unas mayores tasas de adopción, los responsables de tomar la decisión retrasaban la adopción.

Igualmente, la escasez podrá ser contemplada no sólo desde el punto de vista de los recursos naturales, sino también desde la perspectiva de los recursos necesarios para que la explotación pueda desarrollar sus diferentes actividades con normalidad, y entre ellas el riego. Tal es el caso de la disponibilidad de mano de obra de la zona, pues si ésta es escasa se favorecerá la adopción de tecnologías ahorradoras de trabajo, como el riego localizado (Dinar y Yaron, 1990; Alcón, 2007).

El capital que requieren las inversiones no siempre se encuentra al alcance de los agricultores, de ahí que las nuevas tecnologías serán difundidas con mayor velocidad entre aquellos que disponen de mayor liquidez (Besley y Case, 1993; Alcón, 2007). Esta hipótesis puede extenderse a todo tipo de restricciones económicas que hay en torno al proceso. Sin embargo, ha sido ampliamente corroborada por dos variables, la facilidad de acceso al capital, y el tamaño de la explotación, toda vez que esta última variable está muy correlacionada con las disponibilidades de recursos económicos. En este sentido, Skaggs (2001), analizando la adopción de riego localizado entre los agricultores de pimientos chilenos en Nuevo México, encontró que la superficie total cultivada era una de las variables más relevantes de la adopción.

En el ámbito de las comunidades de regantes, Blanco (1999) encontró que, en aquellas zonas de riego donde el precio del agua es reducido, los regantes presentan una menor disponibilidad a adoptar tecnología, y estimó el nivel de subvención mínimo en un 35% para que se adoptaran programas de modernización. Igualmente modeló una política de subvenciones acompañada de un incremento en las tarifas del agua, prediciendo una mayor adopción. En la misma línea, Alcón *et al.*, (2008) sostienen que las subvenciones y el empleo de un sistema tarifario variable incrementan la probabilidad de adoptar.

En cuanto a los costes del aprendizaje, la tecnología se difundirá con mayor velocidad en aquellos lugares donde la información acerca del potencial beneficio de su adopción y manejo se encuentre fácilmente disponible, permitiendo a los agricultores evaluar los posibles beneficios derivados de su uso, ya que el desconocimiento aumenta la abstención ante las decisiones arriesgadas (Jensen, 1982; Dorfman, 1996). Puesto que esta evaluación se verá facilitada por el grado de formación de los individuos, los agricultores que tengan mayor nivel de estudios generalmente adoptan con mayor velocidad (Foltz, 2003; Alcón, 2007).

Por último, la aversión al riesgo también condiciona en gran medida la toma de decisiones. Esta hipótesis se basa en que los agricultores presentan diferentes preferencias por el riesgo de una tecnología desconocida (Marra *et al.*, 2003). Además, el agricultor también se muestra averso a una tecnología que incrementa la varianza de sus ingresos (Saha *et al.*, 1994), por lo que, en cambio, cabe esperar que muestre una disposición favorable hacia aquellas tecnologías que la disminuyan. Tal es el caso del riego por goteo pues, en la medida que favorece la obtención de producciones con rendimientos y calidades mejores y homogéneas, favorece la estabilidad de los ingresos de los agricultores.

Escribano (2006) analizó los efectos de la incertidumbre en la disponibilidad del agua y el precio de los productos en el Valle de Guadalhorce (Málaga), demostrando que, para tecnologías ahorradoras del agua, el incremento de la incertidumbre de la disponibilidad del recurso fomenta la adopción. Por el contrario, si el incremento de la incertidumbre es en el precio del producto, la adopción se verá desincentivada. Estos resultados, que son coherentes con la literatura económica, deberían ser considerados conjuntamente con las estimaciones de Alcón (2007) y Alcón *et al.*, (2008), dado que, a mayor incertidumbre mayor probabilidad de adoptar, pero el usuario del agua deberá tener una garantía mínima a partir de la cual adoptará.

No cabe duda de que el resultado final en cuanto a la adopción o no de una tecnología depende del efecto conjunto de los factores expuestos y, por lo tanto, del signo y magnitud de la influencia, pues en ocasiones tendrá el mismo signo mientras que en otras será opuesto. Bajo esta consideración, los agricultores con menos recursos podrían adoptar antes la tecnología de riego por goteo, aunque presenten más problemas de capital, al considerar que esta tecnología les permite mejorar sus ingresos.

Estas hipótesis, y sus variables relacionadas, han sido analizadas en el trabajo de (Alcón, 2007) para estudiar la adopción de tecnologías de riego localizado por los agricultores de una de las Comunidades de Regantes más grandes de España, la del Campo de Cartagena. Para ello utilizó un modelo de duración que incorporaba tanto variables de sección cruzada como dependientes del tiempo. La variable medida es el tiempo que transcurre desde que un agricultor comienza a trabajar en la explotación (o el año que se comercializó la tecnología (1975) si es que éste último es posterior) hasta que adopta riego por goteo, siendo las variables que explicaron este tiempo de retraso y el efecto de las mismas sobre la velocidad de adoptar las que vienen recogidas en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Modelo de riesgo proporcional estimado para los agricultores de la comunidad de regantes del Campo de Cartagena**

Hipótesis <sup>1</sup>	Variable	Descripción	Efecto de la variable	Signif.
H1	Precio del agua <sup>2</sup>	Precio del agua (€/m <sup>3</sup> )	+	(0.035)
H1, H3	Origen del agua	1= el 100% del agua utilizada es agua superficial procedente del trasvase. 0= el agricultor utiliza agua superficial y subterránea (tiene acceso)	-	(0.011)
H1, H3	Disponibilidad <sup>2</sup>	Agua trasvasada a la cuenca en el año hidrológico (oct-sep), (hm <sup>3</sup> /año)	+	(0.000)
H2	Cooperativa	0=el agricultor no es miembro de una cooperativa 1=el agricultor pertenece a una cooperativa	+	(0.034)
H2	Trabajadores	0=Las personas que trabajan en la explotación son miembros de la familia 1=Todo el personal que trabaja en la explotación es contratado	+	(0.099)
H3	Comienzo	Año en que el agricultor comenzó a trabajar en la explotación	+	(0.000)
H3	Estudios	0=estudios básicos o sin estudios 1=estudios secundarios o superiores	+	(0.099)
H3	Información	0=El agricultor conoció la existencia de la tecnología porque la vio en otros agricultores 1=El agricultor conoció la tecnología porque personal especializado en agricultura le informó de cómo era y para que servía	+	(0.000)
H4	Riesgo	Grado de riesgo que el agricultor está dispuesto a asumir frente a la adopción de nuevos cultivos, nuevas técnicas y nuevas tecnologías (0-10)	+	(0.060)
H4	P_Calidad	Importancia que el agricultor dio al incremento de calidad que podía obtener con la adopción de riego por goteo (0-10)	+	(0.038)
H4	P_Rendimiento	Importancia de la búsqueda de mayores rendimientos cuando pensó adoptar la tecnología (0-10)	-	(0.047)
	p	Parámetro de la distribución weibull	+	(0.000)
	Cte	Constante del modelo	-	(0.000)
	<b>Numero de obs.</b>			<b>360</b>

Fuente: Alcón (2007).

<sup>1</sup> Hipótesis de adopción: escasez de recursos (H1), las restricciones de capital (H2), costes de aprendizaje (H3), y aversión al riesgo (H4).

<sup>2</sup> Variables dependientes del tiempo.

El modelo de riesgo proporcional estimado por máxima verosimilitud considera una función de riesgo base que sigue una distribución weibull dependiente del tiempo,  $h_0(t, \theta)$ , y los efectos de las variables explicativas,  $\exp(X, \beta)$ , sobre la velocidad de adoptar, según la siguiente ecuación general:

$$h(t, X, \theta, \beta) = h_0(t, \theta) \exp(X, \beta) \quad [1]$$

Según este modelo, y en concordancia con la hipótesis de escasez de recursos (H1), se puede apreciar cómo incrementos en el tiempo del precio del agua favorecen la velocidad de adopción. Así mismo, el empleo de agua subterránea, más cara que el agua de la comunidad de regantes, tendrá un efecto sobre la adopción en la misma dirección. Sin embargo, atendiendo a la disponibilidad de agua se aprecia que una mayor disponibilidad, tanto procedente de la comunidad de regantes como del acceso al uso de agua subterránea favorecerán la velocidad de adopción.

Reducir las imperfecciones del mercado en cuanto al precio de los recursos naturales, en busca de un correcto equilibrio entre los precios de inputs y outputs que consideren el verdadero valor del agua, será considerado como una correcta implicación política derivada de esta teoría. Esto supondría la liberalización económica de los recursos que, teóricamente, establecería un apropiado precio del agua para los agricultores y, posiblemente, les haría reaccionar hacia la adopción.

Las variables *Cooperativa* y *Trabajadores* están encuadradas dentro de la hipótesis de restricciones de capital (H2). Las cooperativas tienen la posibilidad de acceder a los Fondos Operativos de la Unión Europea, de ahí, que el ser miembro de una permite el acceso al capital favoreciendo así la adopción. Por otro lado, las explotaciones con un carácter más empresarial tienden a adoptar con más velocidad que las familiares.

Las políticas apropiadas que emanan de la confirmación de esta hipótesis para aumentar la velocidad de difusión, han de basarse en facilitar el acceso al crédito por parte de los agricultores y mejorar el precio de adquisición de la tecnología con el objetivo de que los agricultores inviertan en ella.

Dentro de la hipótesis de los costes del aprendizaje (H3), la variable *Comienzo*, implica que cuanto más tiempo se tarde en adoptar, existirán mayores conocimientos sobre el uso y manejo de la tecnología. También, la variable *Estudios* tiene una influencia

positiva sobre la velocidad de adopción al igual que la variable *Información*, dado que tanto la formación, como las fuentes de la misma incrementarán la probabilidad de adoptar una tecnología beneficiosa para el agricultor. El conocimiento por parte del agricultor de que va a tener agua ese año para cultivar, expresado por las variables *Disponibilidad* y *Origen del agua*, también influye en el proceso de adopción. Concretamente, si el agricultor posee información de la cantidad de agua que va a ser trasvasada (y consecuentemente del agua que el dispondrá) y tiene acceso a una fuente alternativa de agua subterránea que le garantice una dotación suficiente, la probabilidad de adopción temprana de riego localizado se verá incrementada.

Las políticas implicadas bajo esta hipótesis incorporarían la intensificación de los servicios de extensión que promuevan el beneficio del riego por goteo, la existencia de parcelas piloto donde el agricultor pueda comprobar el funcionamiento y manejo de éste, el incremento de los niveles de educación y formación agraria y promover que el agricultor conozca lo antes posible la cantidad de agua de la que puede disponer, y una garantía de suministro anual.

En cuanto a la hipótesis de aversión al riesgo (H4) la variable Riesgo representa que los agricultores menos aversos al riesgo tienen una propensión positiva a adoptar antes. Con base a las percepciones de los agricultores a la hora de adoptar, las preferencias por la calidad y no tanto por la cantidad de la producción demuestran implícitamente que lo que pretenden es adecuar sus cultivos a las tendencias de los mercados para reducir con ello la variabilidad de los precios de sus productos.

Las implicaciones políticas para la hipótesis de aversión al riesgo respecto a una tecnología reductora de éste combinarían las hipótesis de información y restricciones de capital, incorporando una mejora en la difusión de la información sobre la tecnología y en la reducción del riesgo de sus costes.

## 5. Difusión de tecnologías de riego

La difusión se define como un proceso por el cual una innovación es comunicada a través de ciertos canales y en el tiempo entre los miembros de un sistema social (Rogers, 1962). La difusión de una innovación en una población de potenciales adoptantes implica la transición en el tiempo y en un espacio determinado de una situación de incompleto conocimiento a otra donde el conocimiento es perfecto. Este desequilibrio generado por el desarrollo de una nueva tecnología será estabilizado por el proceso de adopción y difusión al ritmo en el que los potenciales adoptantes van adquiriendo conocimiento sobre ella (Schultz, 1975). Por ello, se considera que la transmisión de la información entre los miembros del sistema social se propaga de forma similar a una epidemia (Baptista, 1999).

Para describir a los individuos de un sistema social en base a su tiempo de adopción, se pueden establecer categorías de adoptantes que engloben individuos con similar grado de innovatividad, ya que se ha comprobado que las características de los adoptantes son distintas según el momento en el que llevan a cabo la adopción. Partiendo de la función de densidad de probabilidad normal de adoptantes y su correspondiente función acumulada en el tiempo con forma de S, Rogers (1958) propuso un método estándar para establecer cinco categorías de adoptantes a partir de la media y de la desviación estándar.

Las diferentes categorías de adoptantes, sucesivas cronológicamente, ayudarán al conocimiento del grado de innovatividad de los miembros del sistema social cuya distribución en el tiempo se ajusta a una distribución normal. Estas categorías son: innovadores, primeros adoptantes, primera mayoría, última mayoría, y rezagados (Rogers, 2003).

En el ámbito de las tecnologías de riego, la difusión de las tecnologías de distribución y control del agua en las comunidades de regantes ha sido analizada para la Región de Murcia por Alcón y Arcas (2007) a través de un modelo logístico. Observaron que un 80% de los agricultores de la muestra habían adoptado y, apreciaron un considerable incremento de la categoría de innovadores, primeros adoptantes y rezagados, en detrimento de la primera y última mayoría, con respecto a las estimaciones realizadas en los modelos de Rogers. Además, concluyen que el momento de máxima difusión coincide con el año en que se establece un nuevo sistema de ayudas para la mejora, modernización y consolidación de los regadíos dentro del ámbito de actuación del Plan Nacional de Regadíos.

Por otro lado, Alcón *et al.*, (2006) estudian la difusión de la tecnología de riego localizado entre los agricultores de la comunidad de regantes del Campo de Cartagena. Tras estimar modelos de influencia interna, externa y mixta para analizar las características del proceso, sus factores determinantes, la situación tecnológica actual y su posible evolución demostraron que el modelo logístico de influencia interna propuesto por Mansfield (1961) se ajustaba al proceso de difusión inter-agricultores, intra-agricultores y del conocimiento.

El modelo representa la tasa de difusión,  $dN(t)/dt$ , en función del total de potenciales adoptantes,  $M$ , la adopción acumulada en el tiempo,  $N(t)$ , y la tasa de difusión,  $b$ , acorde con la siguiente ecuación general:

$$\frac{dN(t)}{dt} = bN(t)[M - N(t)] \quad [2]$$

De los resultados obtenidos, ver Cuadro 3 y Gráfico 1, se aprecia una fase de crecimiento inicial que supera el 10% a partir de 1980, incrementando con el tiempo hasta el año 1987, a partir del cual la innovación sigue introduciéndose en el mercado de una forma más pausada hasta el año 1997 en el que se alcanza el 90% de su difusión total.

Las categorías de adoptantes establecidas en base al tiempo de adopción de cada agricultor engloban individuos con similar grado de innovatividad. Los innovadores y los primeros adoptantes son los que realmente lanzan el proceso de difusión, estando formados por el 11% y el 19% de los agricultores de la comunidad de regantes respectivamente.

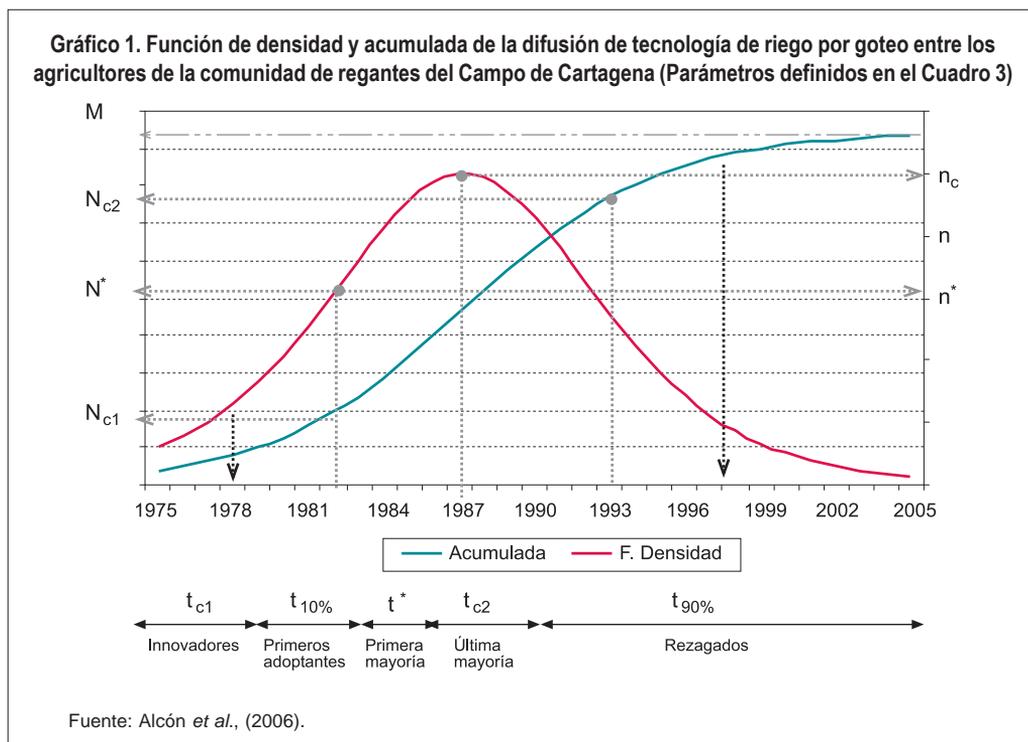
Finalmente, estos autores concluyen que el proceso de difusión ha estado influido por interacciones entre agricultores y por el aprendizaje que éstos van adquiriendo de la tecnología con la experiencia de su uso, reduciendo la incertidumbre inherente a ella y motivando a otros agricultores que todavía no han adoptado.

**Cuadro 3. Características de las funciones de distribución de densidad y acumulada en el tiempo de la difusión de tecnología de riego por goteo entre agricultores**

Características	Valor	Año
Tiempo al punto de inflexión de la distribución acumulada de adoptantes	$t^*$	12,19 1987
Número acumulado de adoptantes en el punto de inflexión de la distribución acumulada	$N^*$	47,12
Número de adoptantes en el punto de inflexión de la distribución de densidad	$n^*$	24,50
Tiempo en los puntos de inflexión de la función densidad	$t_{c1}$	7,12 1982
	$t_{c2}$	17,25 1992
Número acumulado de adoptantes en los puntos de inflexión de la función densidad	$N_{c1}$	19,91
	$N_{c2}$	74,33
Número de adoptantes en los puntos de inflexión la función densidad	$n_c$	4,08
Valor de la pendiente de la función densidad en sus puntos de inflexión	$(dn/dt)_c$	$\pm 0,61$
Tiempo medio de la distribución de la función densidad	$\bar{t}$	12,19 1987
Varianza de la distribución de la función densidad	$\sigma^2$	48,66
Desviación estándar de la distribución de la función densidad	$\sigma$	3,55
Tiempo (años) de penetración de la adopción	$t_{10-90\%}$	18 1979 1997

Fuente: Alcón *et al.*, (2006).

**Gráfico 1. Función de densidad y acumulada de la difusión de tecnología de riego por goteo entre los agricultores de la comunidad de regantes del Campo de Cartagena (Parámetros definidos en el Cuadro 3)**



## 6. Conclusiones

Puesto que la agricultura es la actividad económica que demanda mayores cantidades de agua y que en muchas de las principales áreas de cultivo este recurso es muy escaso, el gran reto que se presenta en la actualidad es conseguir que se generalice la adopción de las tecnologías ahorradoras de agua. De esta forma se contribuirá, además de hacer frente a las nuevas demandas, a mejorar la calidad del medio natural, reduciendo los impactos que el incremento de la demanda de recursos naturales produce en los ecosistemas.

En la literatura son muy numerosos los trabajos sobre adopción y difusión de innovaciones. Mientras que los de difusión se centran en el proceso tecnológico, los de adopción suelen explorar las diferencias entre adoptantes y no adoptantes, y los factores, o antecedentes, que la condicionan. En este sentido, la adopción de tecnologías de riego depende de la escasez de recursos hídricos y de su precio, de las capacidades económicas de los potenciales adoptantes, de su potencial humano y del grado de aversión al riesgo que presentan.

Puesto que la decisión final de adoptar es incierta, el agricultor deberá reducir la incertidumbre previa a la adopción recogiendo, integrando y evaluando la información disponible. Una vez realizada la adopción se reducirá su incertidumbre, en cuanto al conocimiento y manejo de la innovación, favoreciendo que las decisiones adoptadas permitan alcanzar los objetivos. Por lo tanto, la probabilidad de que las decisiones sean correctas aumenta en el tiempo con el incremento del conocimiento, aunque por otra parte, el proceso de adopción nunca será completo porque nunca se eliminará toda la incertidumbre.

Las aportaciones de los trabajos de adopción de tecnologías de riego contribuyen al establecimiento de los instrumentos políticos necesarios que permitan adecuar el patrón actual de adopción y difusión de tecnologías de riego. En este sentido, uno de los objetivos del Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 2001) es modernizar las infraestructuras de distribución y aplicación del agua de riego para racionalizar el uso de los recursos, reducir la contaminación de origen agrario de las aguas superficiales y subterráneas y promover innovaciones en los sistemas de riego para reducir los consumos de agua. Para conseguir este objetivo, entre las principales acciones de la Administración para promover la adopción de tecnologías de riego cabe destacar el aumento de la información y de las subvenciones directas a la adopción. Asimismo, se han promovido políticas tarifarias y de concesiones en línea, también, con lo apuntado en diferentes estudios en España (Varela-Ortega *et al.*, 1998; Berbel y Gómez-Limón, 2000; Fernández-Zamudio *et al.*, 2007) que corroboran la importancia de los trabajos de adopción de tecnologías de riego para dar soporte a los instrumentos políticos que la favorezcan.

## Referencias bibliográficas

- Abadi Ghadim, A.K. y Pannell, D.J. (1999). "A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation." *Agricultural Economics*. 21:145-154.
- Alcón, F. (2007). Adopción y difusión de las tecnologías de riego: aplicación en la agricultura de la Región de Murcia. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia.
- Alcón, F. y Arcas, N. (2007). "Innovaciones en la economía social: comunidades de regantes de Murcia." *Revista de Economía Social. La Sociedad Cooperativa* 44, 24-29.
- Alcón, F., De Miguel, M.D. y Fernández-Zamudio, M.A.. (2006). "Modelización de la difusión de la tecnología de riego localizado en el Campo de Cartagena." *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 210:227-245.
- Alcón, F., De Miguel, M.D. y Burton, M. (2008). "Adopción de tecnologías de distribución y control del agua en las Comunidades de Regantes de la Región de Murcia." *Economía Agraria y Recursos Naturales*. 8:83-102.
- Baptista, R. (1999). "The diffusion of process innovations: a selective review." *International Journal of the Economics of Business*. 6:107-129.
- Berbel, J. y Gómez-Limón, J.A. (2000). "The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas." *Agricultural Water Management*. 42:219-238.
- Besley, T. y Case, A. (1993). "Modelling Technology Adoption in Developing Countries." *American Economic Review*. 83:396-402.
- Blanco, M. (1999). La Economía del agua: Análisis de Políticas de Modernización y Mejora de Regadíos en España. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Carey, J.M. y Zilberman, D. (2002). "A Model of Investment under Uncertainty: Modern Irrigation Technology and Emerging Markets in Water." *American Journal of Agricultural Economics*. 84:171-183.
- Dasberg, S. y Or, D. (1999). *Drip Irrigation*. Springer, Berlin.

- Dinar, A. y Yaron, D. (1990). "Influence of Quality and Scarcity of Inputs on the Adoption of Modern Irrigation Technologies." *Western Journal of Agricultural Economics*. 12:224-233.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W. (1977). *Las necesidades de agua de los cultivos*. FAO Riego y Drenaje, Roma.
- Dorfman, J.H. (1996). "Modeling multiple adoption decisions in a joint framework." *American Journal of Agricultural Economics*. 78:547-557.
- Escribano, M.J. (2006). Análisis de la adopción de tecnologías de riego en contexto de incertidumbre: aplicación a la horticultura del Valle de Guadalhorce. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Feder, G. y Umali, D.L. (1993). "The adoption of agricultural innovations: A review." *Technological Forecasting and Social Change*. 43:215-239.
- Fereres, E. y Goldhamer, D. (2000). "Avances recientes en la programación de los riegos." *Ingeniería del Agua*. 7:47-54.
- Fernández-Zamudio, M.A., Alcón, F. y De Miguel, M.D. (2007). "Política tarifaria del agua de riego y sus efectos sobre la sustentabilidad de la producción de la uva de mesa española." *Agrociencia*. 41:805-815.
- Foltz, J.D. (2003). "The economics of water-conserving technology adoption in Tunisia: An empirical estimation of farmer technology choice." *Economic Development and Cultural Change*. 51:359-373.
- Goldhamer, D., Fereres, E., Mata, M., Girona, J. y Cohen, M. (1999). "Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation." *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124:437-444.
- Green, G. y Sunding, D. (1997). "Land Allocation, Soil Quality, and the Demand for Irrigation Technology." *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 22:367-375.

- Green, G., Sunding, D., Zilberman, D. y Doug, P. (1996). "Explaining irrigation technology choices: A microparameter approach." *American Journal of Agricultural Economics*. 78:1064-1072.
- Hayami, Y. y Ruttan, V.W. (1985). *Agricultural Development: An International Perspective*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Jensen, R. (1982). "Adoption and diffusion of an innovation of uncertain profitability." *Journal of Economic Theory*. 27:182-193.
- Karshenas, M. y Stoneman, P. (1995). "Technological Diffusion." En Stoneman, P. (Ed.) *Handbook of the economics of innovation and technological change*. Blackwell Handbook in Economics, Oxford: 265-296.
- Keller, J. y Bliesner, R.D. (1990). *Sprinkler and Trickle Irrigation*. Chapman y Hall, Nueva York.
- Lancaster, T. (1990). *The Econometric Analysis of Transition Data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lindner, R. (1987). "Adoption and diffusion of technology: an Overview." En Champ, B.R., Highly, E. y Remenyi, J.V. (Eds.): *Technological Change in postharvest Handling and Transportation of Grain in the Humid Tropic*. Australian Centre for International Agricultural Research. Bangkok, Thailand: 144-151.
- Mansfield, E. (1961). "Technical change and the rate of imitation." *Econometrica*. 29:741-766.
- Marra, M., Pannell, D.J. y Abadi Ghadim, A.K. (2003). "The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve?" *Agricultural Systems*. 75:215-234.
- MAPA (2001). *Plan Nacional de Regadíos, Horizonte, 2008*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Dirección General de Desarrollo Rural, Madrid.
- MIMAM (2007). *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

- MMAMRM (2008). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Informe sobre Regadíos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Nortes, P., Pérez-Pastor, A., Egea, G., Conejero, W. y Domingo, R. (2005). "Comparison of changes in stem diameter and water potential in young almond trees." *Agricultural Water Management*. 77:296-307.
- Pannell, D.J., Marshall, G.R., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F. y Wilkinson, R. (2006). "Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders." *Australian Journal of Experimental Economics*. 46:1407-1424.
- Rogers, E.M. (1958). "Categorizing the Adopters of Agricultural Practices." *Rural Sociology*. 23:346-354.
- Rogers, E.M. (1962). *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.
- Rogers, E.M. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.
- Saha, A., Love, A. y Schwart, R. (1994). "Adoption of Emerging Technologies under Output Uncertainty." *American Journal of Agricultural Economics*. 76:836-846.
- Schultz, T.W. (1975). "The value of the ability to deal with disequilibrium." *Journal of Economic Literature*. 13:827-846.
- Sidibé, A. (2005). "Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso." *Agricultural Water Management*. 71:211-224.
- Skaggs, R.K. (2001). "Predicting drip irrigation use and adoption in a desert region." *Agricultural Water Management*. 51:125-142.
- Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M., Varela, C. e Iglesias, E. (1998). *Economía y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ed. Mundi Prensa, España.
- Varela-Ortega, C., Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M. e Iglesias, E. (1998). "Water pricing policies, public decision making and farmers' response: implications for water policy." *Agricultural Economics*. 19:193-202.

# El factor humano: el mercado de trabajo en el regadío

*Jerónimo Molina y Bienvenido Marzo*

## 1. La nueva agricultura y los nuevos regadíos

En el último medio siglo se ha producido una transformación radical del concepto de alimentación, por lo que el papel de la actividad agraria en el mundo actual dista mucho de ser el que cumplía en el pasado. La agricultura sigue siendo tan básica como lo era antes de la revolución tecnológica, pero además de cubrir las necesidades fisiológicas básicas, el objetivo se sitúa ahora en atender otro tipo de requerimientos de tipo cultural relacionados, fundamentalmente, con la salud y la estética. De producir cereales, hortalizas o lácteos se ha pasado a obtener alimentos nutracéuticos y funcionales, lo que conlleva una notable incorporación de tecnología al proceso de producción, y que algunas empresas del sector agroalimentario se sitúen en la vanguardia de la I+D+i a nivel global. Por tanto, el producto agrario como tal ha pasado a ser un *input* más en la cadena de valor agroalimentaria, como pueden ser la energía, los suministros industriales, la incorporación de tecnología o el capital humano. En este contexto, el trabajo en el campo ha perdido buena parte del peso que le era propio hace apenas unas décadas, en beneficio de la agroindustria y de las producciones más comerciales; de actividades, en definitiva, secundarias y terciarias. En consecuencia, se tiende hacia la capitalización de las explotaciones, así como hacia la profesionalización y la especialización de la mano de obra. La explotación familiar campesina ha dado paso a la empresa agrícola, donde la mayoría de las labores las lleva a cabo fuerza de trabajo asalariada.

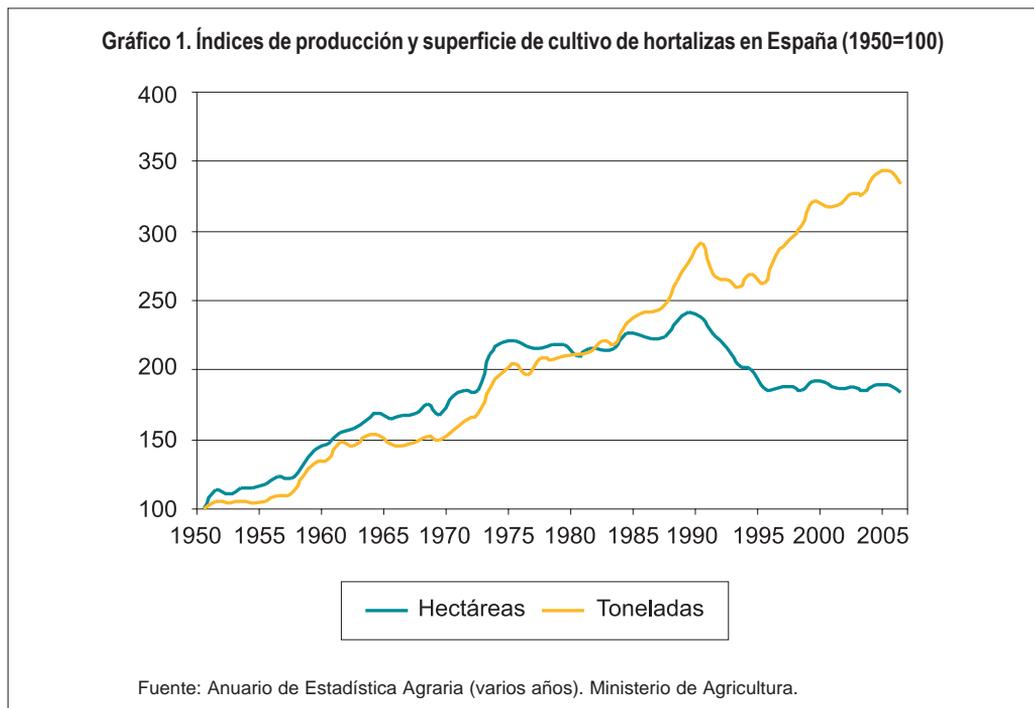
En paralelo a esta transformación del sistema agroalimentario, y salvo casos particulares, en las últimas décadas se ha asistido en España a una paulatina desagrarización de su economía. La población activa se ha ido especializando en actividades terciarias (con algunos episodios puntales de industrialización), asistiendo desde finales de los años sesenta al denominado éxodo rural (transvase de población del ámbito rural, eminentemente agrario, al urbano, económicamente mucho más diversificado). Además de la intensificación tecnológica, hay otros tres fenómenos a destacar en la evolución reciente del sector agrario: a) la reducción masiva y generalizada de la población activa; b) la concentración de las explotaciones y, en consecuencia, su mayor dimensión media (tanto en términos de superficie como de peso económico específico); y c) la paulatina sustitución del trabajo familiar por el asalariado, ya sea fijo o eventual y, más recientemente y dentro de éste último, el peso de la mano de obra inmigrante. Los dos primeros elementos sólo van a ser mencionados puntualmente en este trabajo. En lo fundamental, las páginas que siguen están dedicadas al análisis de uno de los ejemplos más significativos del tercer fenómeno: la horticultura intensiva y bajo abrigo.

Desde finales de los sesenta, en determinadas zonas del litoral mediterráneo, la costa onubense o el archipiélago canario, la modernización de los regadíos y su orientación comercial han dado lugar a una nueva agricultura, la más dinámica del país, especializada en la producción hortofrutícola, y donde en la actualidad y desde finales del siglo XX se concentra más de la mitad del trabajo agrícola español. Frente a la tradicional imagen atrasada y estática del campo, estos nuevos regadíos constituyen una parte fundamental de la economía regional allí donde se localizan. Se trata de una actividad que poco tiene que ver con la agricultura tradicional, y que se contrapone notablemente con la imagen marginal y subsidiada que desprende buena parte del campo español. Esta horticultura se postula como una actividad rentable económicamente y de futuro, con unos requerimientos tecnológicos y de capital humano (entre ellos, de cualificación de la mano de obra) más propios de la actividad industrial que de la agrícola, y que incorpora un notable valor añadido a la producción mediante la especialización, la manipulación y la comercialización en destino de sus cosechas. La ganadería intensiva responde a un patrón de características parecidas.

El grueso de esta nueva horticultura se localiza en el Sureste peninsular, a lo largo de la costa comprendida entre Málaga y Alicante. El origen de este exitoso modelo productivo se remonta a los años sesenta, cuando comenzaron a superarse en la zona una serie de bloqueos tecnológicos que habían determinado una secular escasez de recursos hídricos. La mayor disponibilidad de agua, la racionalización de su uso (mediante el riego

localizado) y la implementación de nuevas técnicas de cultivo (enarenado, abrigos bajo plástico) permitieron, en unas condiciones ambientales idóneas, intensificar la producción hortícola de forma masiva. Las nuevas producciones fueron destinadas a abastecer una demanda creciente, tanto en el ámbito nacional como en el europeo. Para el desarrollo de este fenómeno fue providencial la existencia de una mano de obra rural desocupada, que la escasa industrialización de la zona no había sido capaz de absorber, y que se puso al frente de las nuevas explotaciones hortícolas.

Por otro lado, hay que subrayar que el éxito comercial de esta horticultura ha venido impulsado por el comercio exterior (un signo más de su modernidad), y que está relacionado con la progresiva integración en Europa de la economía española. La tradición exportadora del sector hortofrutícola español se remonta al siglo XIX. Sin embargo, la génesis del boom de la horticultura protegida puede situarse en torno al Acuerdo Preferencial con la CEE de 1970 (culminación del proceso de liberalización posterior a la autarquía), y su expansión definitiva se produjo a partir de la entrada en funcionamiento del Mercado Único en 1993 (si se quieren señalar dos hitos especialmente relevantes en el contexto de un proceso gradual y paulatino).



Históricamente, en torno a la horticultura del Sureste se han desarrollado dos modalidades bien definidas de explotación, complementarias entre sí. Por un lado, en las provincias de Alicante y Murcia surgieron grandes empresas agrarias en las que se integró verticalmente el proceso productivo y el de comercialización (el modelo de los cosecheros-exportadores levantinos). En contraposición, en el litoral almeriense predominó hasta hace bien poco una estructura productiva familiar, que todavía continúa siendo mayoritaria en algunas zonas. Dentro de este esquema general pueden identificarse dos generaciones sucesivas de agricultores dedicados a la horticultura intensiva en Almería. La de los pioneros, que puso en marcha el modelo entre los años 70 y 80 a partir de la autoexploración del trabajo familiar; y la que a partir de los años 90 modernizó las exportaciones e hizo frente a cambios trascendentales en el modelo de gestión empresarial, al ir incorporando progresivamente un porcentaje cada vez mayor de mano de obra inmigrante.

Es decir, la década de los 90 no sólo fue la del auge espectacular de la producción y las exportaciones, sino también la de la modernización definitiva (y acelerada) del sector. Una modernización que vino de la mano de la capitalización progresiva de las explotaciones, lo que provocó que, sin un incremento significativo de la superficie, aumentara notablemente la productividad campaña tras campaña. Como puede observarse en el Gráfico 1, el salto cualitativo de los rendimientos hortícolas se alcanzó a principios de los 90, y ocupó prácticamente toda la década final del siglo XX (en la actualidad, la relación superficie/producción tiende a estabilizarse). Fruto del desarrollo de la actividad, el trabajo familiar comenzó a ser sustituido por el asalariado (fundamentalmente inmigrante), lo que, sin trastocar del todo el modelo, ha comportado notables alteraciones en el mismo. Este proceso coincidió, además, con la etapa de desarrollo que experimentó la economía española a finales del siglo XX, basada en actividades terciarias como el turismo o la construcción. Al análisis de dicho proceso están dedicadas las páginas que siguen.

## 2. El mercado de trabajo agrario

Como puede verse en el Cuadro 1, la población activa agraria ha experimentado un descenso considerable desde los años setenta, pasando de superar los 2,5 millones de personas a poco más de un millón. En apenas 30 años ha experimentado, por tanto, una disminución de más del 60%. Si se amplía el período de observación las cifras se vuelven más elocuentes: con respecto al total, la población activa agraria se ha reducido del 45% que representaba a mediados del siglo XX, a menos del 5% en la actualidad. Según los datos de la EPA relativos al cuarto trimestre de 2008, tan sólo el 4,3% de la población ocupada trabaja hoy en el campo. Esta caída se ha producido, además, en un contexto de incremento progresivo de la población activa total, y sin que la producción agraria se haya visto ni mucho menos reducida. De esta manera, puede observarse muy gráficamente la celeridad del proceso de desagrarización al que anteriormente se hizo referencia (que ha venido acompañado de la modernización de las estructuras y de las técnicas de cultivo), y cómo ésta se intensifica a partir de los años 90.

Como puede observarse en el Cuadro 2, si bien sigue siendo mayoritario el trabajo familiar, como lo ha sido históricamente, destaca el incremento en estos últimos años del asalariado (en casi un 50% desde 1993), suponiendo en la actualidad un 35% del total (como se verá más adelante, buena parte de este porcentaje se debe al dinamismo de la horticultura intensiva). El familiar, por su parte, ha decrecido un 20% en el mismo período.

Asimismo, otra característica del mercado de trabajo agrario, además de la reducción drástica de efectivos en los últimos años, es su mayor tasa de paro relativa con respecto al resto de la economía.

Lo anterior supone que el sector agrario ha perdido un significativo peso específico en la distribución sectorial del empleo en España. La mayor parte del empleo agrario se localiza en las Comunidades Autónomas de Extremadura, Andalucía, Galicia, Murcia y Castilla La Mancha (con valores en torno al 10% de la población activa total), que coinciden con las regiones menos desarrolladas económicamente del conjunto del país. En las dos primeras (Andalucía y Extremadura) se registran los niveles de paro agrario más elevados. No obstante, hay que subrayar que, sin lugar a dudas, las estadísticas se encuentran condicionadas, al menos parcialmente, por el sistema de subsidios agrarios implantado en ambas Comunidades, que desincentiva la búsqueda activa de empleo por parte de los trabajadores y frena el trasvase de población a otros sectores económicos o,

incluso, a otras zonas geográficas. Paradójicamente, los elevados niveles de paro agrario se combinan en ambas regiones con la contratación de mano de obra extranjera, lo que da una idea de las distorsiones existentes en su mercado de trabajo agrario.

Dentro de esta panorámica general del empleo en el sector agrario, destaca una vez más la singularidad del sector hortofrutícola, caracterizado, como ya se ha dicho, por un uso intensivo del factor trabajo en sus producciones, consecuencia de la complejidad de algunas de las labores realizadas en los cultivos bajo abrigo. En contraposición a la mayoría de ocupaciones agrarias, este sector ha mostrado en los últimos años una gran capacidad de generación de puestos de trabajo. Las necesidades surgidas se han resuelto, en

**Cuadro 1. Evolución de la población agraria en España (1976-2007)**

	<b>Activos (miles)</b>	<b>Activos (% sobre total)</b>	<b>Ocupados (miles)</b>	<b>Parados (miles)</b>	<b>Tasa de paro (%)</b>
<b>1976</b>	2.690,5	20,8	2.626,5	64,0	2,3
<b>1980</b>	2.317,5	17,0	2.205,2	112,3	4,9
<b>1985</b>	2.185,5	16,0	1.950,0	235,5	10,8
<b>1990</b>	1.686,3	11,2	1.485,8	200,5	11,9
<b>1995</b>	1.335,5	8,4	1.072,3	263,2	19,7
<b>1996</b>	1.320,4	8,0	1.079,2	241,3	18,3
<b>1997</b>	1.336,8	7,9	1.079,6	257,2	19,2
<b>1998</b>	1.317,9	7,7	1.084,5	233,5	17,7
<b>1999</b>	1.264,4	7,3	1.048,7	215,7	17,1
<b>2000</b>	1.245,1	6,9	1.028,7	216,3	17,4
<b>2001</b>	1.207,3	6,6	1.045,2	162,0	13,4
<b>2002</b>	1.174,6	6,1	995,4	179,2	15,3
<b>2003</b>	1.172,5	5,9	991,0	181,5	15,5
<b>2004</b>	1.167,6	5,7	988,9	178,7	15,3
<b>2005</b>	1.108,2	5,3	1.000,7	107,5	9,7
<b>2006</b>	1.035,0	4,8	944,3	90,7	8,8
<b>2007</b>	1.022,4	4,6	925,5	96,9	9,5

Fuente: Encuesta de Población Activa (INE).

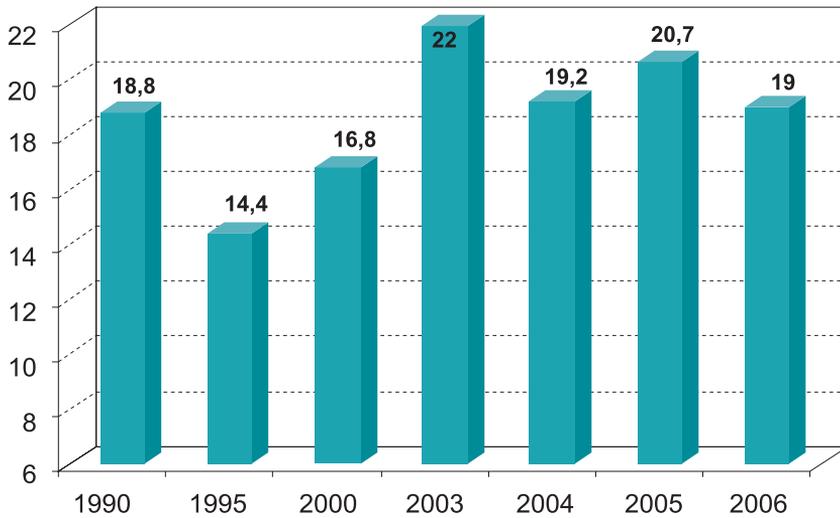
**Cuadro 2. Evolución del trabajo agrario en España (1993-2007)\***

	<b>1993</b>	<b>1995</b>	<b>1997</b>	<b>2003</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>
Trabajo familiar	75,70	73,62	70,86	65,46	65,49	64,70
Trabajo asalariado fijo	9,99	11,40	11,93	15,06	15,94	16,98
Trabajo asalariado eventual	14,3	14,98	17,21	19,5	18,6	18,3

\*En porcentaje sobre el total de UTA (unidades de trabajo agrario).

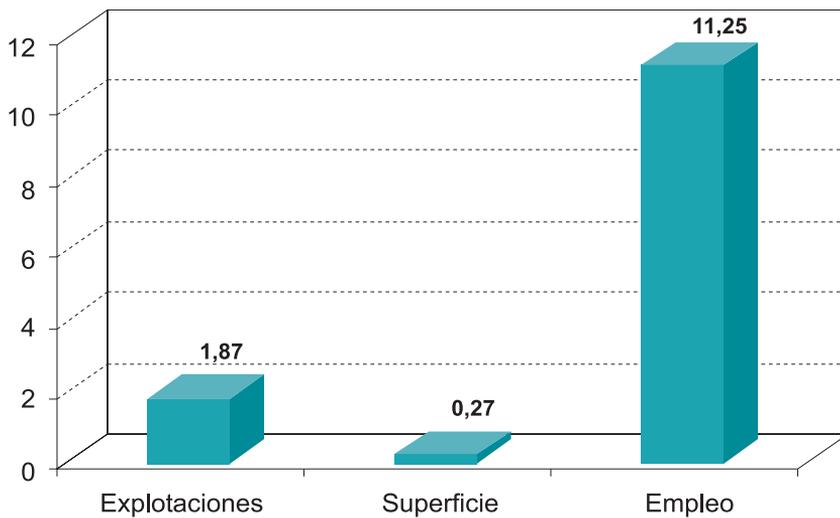
Fuente: Encuesta de Estructuras Agrarias (INE).

Gráfico 2. Peso de la horticultura en la Producción Final Agrícola en España (en porcentaje sobre el total)



Fuente: Anuario de Estadística Agraria (varios años). Ministerio de Agricultura.

Gráfico 3. Peso relativo de la horticultura en el sector agrario español (en porcentaje sobre el total)



Fuente: Censo Agrario (1999).

muchos casos, mediante la contratación de mano de obra inmigrante, que representa ya más del 60% de la mano de obra empleada. No obstante, la cuantificación de la presencia de trabajadores inmigrantes en la horticultura intensiva genera no pocos problemas de medición. La presencia de un elevado porcentaje de trabajadores en situación irregular añade confusión a los datos disponibles.

La relevancia de la horticultura intensiva en el cuadro de macromagnitudes agrarias ha crecido de manera considerable desde los años 70. En los últimos 25 años ha venido significando una quinta parte de la agricultura española (ver Gráficos 2 y 3), ajena a las fuertes oscilaciones de otras actividades agrarias más dependientes de las condiciones climáticas y de la política de subvenciones europeas, como puedan ser los cereales, los cultivos industriales y el olivar. La participación media de los cultivos hortícolas bajo producción intensiva en el total de producción de la rama agraria va aumentando paulatinamente en el tiempo, hasta situarse en el 9,3% en el año 2006. Esta cifra cobra una mayor dimensión relativa si se tiene en cuenta que los cultivos protegidos ocupan algo menos de 50.000 hectáreas (48.000): el 0,18% de los más de 18 millones de superficie agrícola útil con que cuenta España. En esa reducida extensión se genera más del 10% de las UTA del sector agrario español (ver Cuadro 3); junto con la fruticultura supone una cuarta parte del total del trabajo agrario. En cuanto al número de explotaciones, son unas 30.000 las dedicadas a la actividad hortícola intensiva; es decir, algo más del 1,8% del total de las 1,6 millones de explotaciones agrarias existentes. Finalmente, no hay que olvidar que la horticultura intensiva presenta un importante efecto multiplicador en la creación de empleo en actividades complementarias a la producción, en todo lo relativo a la industria auxiliar de esta agricultura y, sobre todo, en lo referente al posterior proceso de manipulación para su comercialización.

**Cuadro 3. Distribución del trabajo agrario según principales OTE\* de la explotación (1993-2007)\*\***

	1993	1995	1997	2003	2005	2007
Frutales y cítricos	9,8	10,3	10,5	11,03	12,25	12,79
Horticultura	8,9	9,47	9,65	12,73	11,08	10,85
Olivar	6,1	7,75	9,14	11,39	12,29	13,56
Viticultura	3,8	3,45	3,52	6,63	6,43	6,67
Otros productos	71,4	69,03	67,19	58,22	57,95	56,13

\*Orientación técnico-económica.

\*\*En porcentaje sobre el total de UTA (unidades de trabajo agrario).

Fuente: Encuesta de Estructuras Agrarias (INE).

### 3. El caso de la horticultura del Sureste

Como se ha dicho, la horticultura intensiva es de los pocos sectores agrarios en los que actualmente se crea empleo. En un estudio sobre el factor trabajo en el regadío, puede resultar interesante centrar el foco de análisis en uno de los ejemplos más dinámicos para comprobar el comportamiento de las variables ligadas al empleo. Éste es el caso, dentro del contexto general de la horticultura del Sureste, de Almería. Sirvan como ejemplo de su relevancia algunos datos: la agricultura intensiva del litoral almeriense concentra, en aproximadamente un 20% de la superficie de regadío de Andalucía (en unas 34.500 hectáreas), más del 80% de la Producción Final Agrícola de la región (por encima de los 1.500 millones de euros). En cuanto a la fortaleza de su comercio exterior, hay que decir que de la provincia salieron en 2006 el 23,4% del total de las exportaciones hortícolas españolas.

Aunque la economía del Sureste haya experimentado en los últimos años un notable proceso de terciarización, el papel de la agricultura sigue siendo fundamental para la creación de puestos de trabajo y para el desarrollo económico en general. La estructura sectorial del empleo es llamativamente atípica, en tanto que, junto a una presencia casi testimonial de la actividad industrial, y al predominio de los servicios común a toda economía moderna, el sector agrícola aparece como auténtico motor del crecimiento económico y responsable del proceso de convergencia económica que ha sacado a la región del subdesarrollo para situarla, en unas pocas décadas, en la media de los indicadores españoles.

La agricultura intensiva almeriense, a pesar del notable desarrollo tecnológico que ha experimentado en los últimos 25 años, sigue siendo muy intensiva en mano de obra. Entre los factores que inciden en el dinamismo de su mercado de trabajo destacan el crecimiento sostenido (que en los últimos años parece estabilizarse) de sus principales magnitudes, así como las características propias de las explotaciones y de las variedades cultivadas en ellas, que impiden la mecanización a gran escala. Asimismo, uno de los elementos más característicos de la agricultura de primor es la sucesión de cosechas dentro de una misma campaña (denominadas genéricamente "de invierno" y "de primavera"). La duración de ésta, por tanto, es sustancialmente mayor que la de la mayoría de las actividades agrícolas, requiriendo los cultivos atención como mínimo de septiembre a mayo o junio (si bien en las últimas campañas se viene asistiendo a la proliferación del aprovechamiento de la campaña de verano, hasta el punto de que ya son reseñables las explotaciones que se mantienen en producción durante todo el año). No obstante, también es cierto

que la inmensa mayoría de los trabajadores por cuenta ajena en la horticultura intensiva cuenta con contratos eventuales, a los que siguen continuos períodos de inactividad<sup>1</sup>.

El fenómeno de la sustitución de mano de obra familiar por asalariada se viene observando en el campo almeriense desde principios de la década de los noventa, momento en el que comienzan a aparecer los primeros inmigrantes en la zona. En estos 20 años, el proceso de sustitución progresiva ha seguido su curso, concentrándose unos niveles de población inmigrante notables en la provincia, que sitúan la tasa de inmigración actual en el 20%. Sin embargo, una serie de encuestas que realizaron las Oficinas Comarcales Agrarias (OCA) en 2002 (no se ha podido tener acceso a documentación más reciente) señala que el trabajo familiar podía suponer todavía en torno al 60% del trabajo total en la zona del Campo de Dalías, epicentro de la producción hortofrutícola provincial.

En paralelo a dicha sustitución se viene observando una disminución de la productividad, en tanto que los trabajadores que se incorporan al sector no están, por lo general, cualificados, y carecen de experiencia previa en tareas similares. A esto hay que unir una motivación menor, por motivos obvios, a la que empujaba a la autoexplotación familiar en los primeros años del modelo, cuando los jóvenes propietarios pusieron en marcha sus parcelas. Una disminución de la productividad que sólo se ha visto compensada en parte por la incorporación de tecnología y por la implementación de nuevas técnicas de cultivo.

Todas las estimaciones disponibles apuntan a que este proceso ha venido acompañado por un aumento simultáneo de los costes laborales unitarios, cuyo origen está más en la disminución de la productividad del trabajo antes mencionada que en las subidas salariales que se puedan haber producido. Se estima que el trabajo supone entre el 40 y el 50% de los costes de cultivo, correspondiendo a la mano de obra asalariada una proporción del 33% sobre el total. Las estimaciones de la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía apuntan a que, a principios del siglo XXI, el número de trabajadores pertenecientes al ámbito familiar (incluido el titular de la explotación) con dedicación plena era de 1,3 por hectárea de invernadero. Por su parte, los trabajadores ajenos al ámbito familiar que eran requeridos para llevar a cabo los cuidados del cultivo, al margen de la estacionalidad

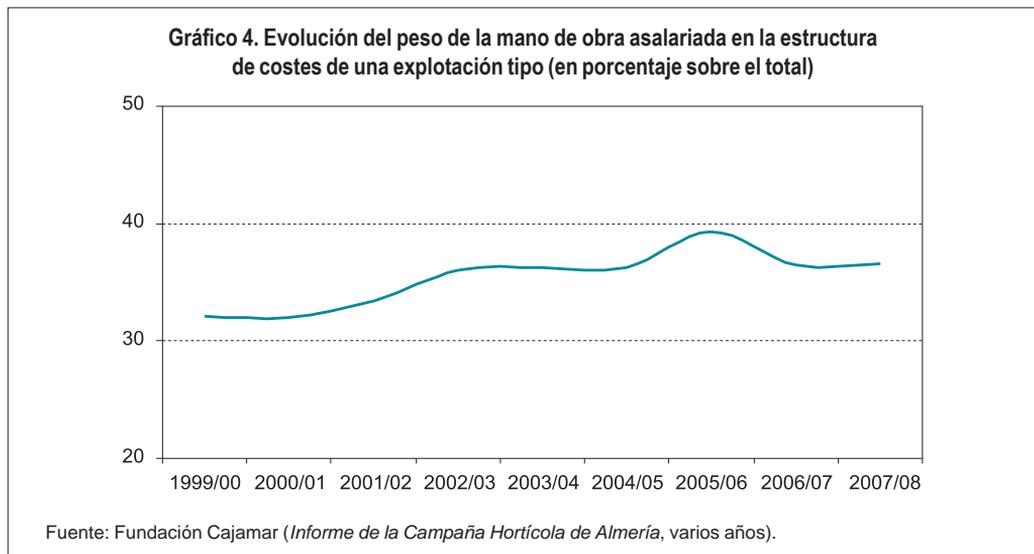
---

<sup>1</sup> Con todo, hay que hacer hincapié en que la temporalidad es mucho menor en la agricultura intensiva del litoral que en las comarcas andaluzas del interior, presentando la primera una oferta de trabajo relativamente más estable y continua a lo largo del año. En consecuencia, el impacto de los subsidios en ambos mercados de trabajo también difiere sustancialmente (como ocurre con cualquier otro tipo de subvención), motivo por el cual no se ha llevado a cabo un análisis en profundidad de dicho fenómeno en este trabajo.

de las tareas, era de 1,9 por hectárea y campaña. Hay que tener en cuenta que en esta agricultura se suceden períodos de inactividad que pueden durar semanas con puntas de trabajo, relacionadas con las operaciones culturales críticas en cuanto a mano de obra (recolección, siembra, retirada de las plantas).

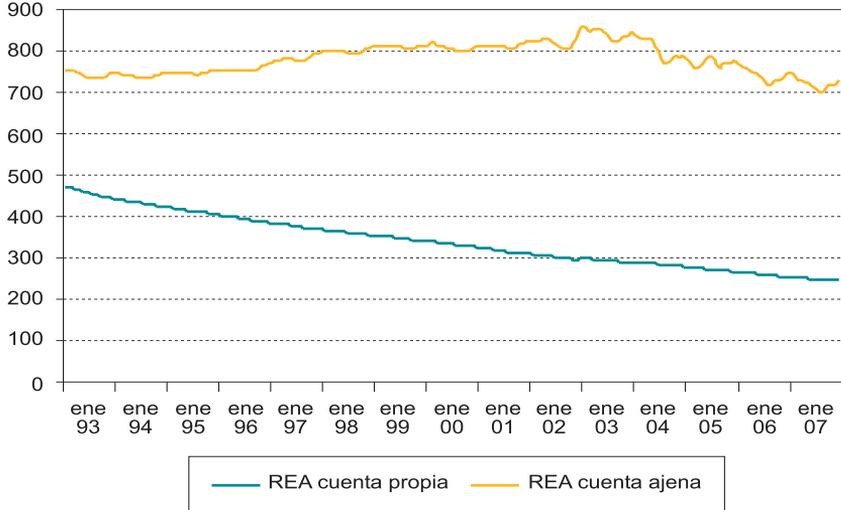
En resumidas cuentas, la mano de obra asalariada en la agricultura intensiva almeriense supera los 7,7 millones de jornales directos por campaña,<sup>2</sup> lo que supone unos 350 jornales por hectárea. En torno al 40% de esta carga de trabajo corresponde al jefe de explotación, y el resto a mano de obra asalariada. En consecuencia, y con independencia de que el trabajo sea por cuenta ajena o por la propia, familiar o asalariado (en tanto que las tareas que se realizan son similares), la carga de trabajo por campaña roza en su conjunto los 700 jornales por hectárea.

Otro elemento a tener en cuenta es la diversidad étnica de la población inmigrante presente en el campo almeriense. Los datos aportados por la Tesorería General de la Seguridad Social, ponen de relieve la diversidad de orígenes. Tradicionalmente, el colectivo más numeroso ha sido el marroquí. A continuación se sitúan los trabajadores del Este de Europa (fundamentalmente rumanos), con una presencia creciente, y los ecuatorianos, cuyo número permanece estable en las últimas campañas.



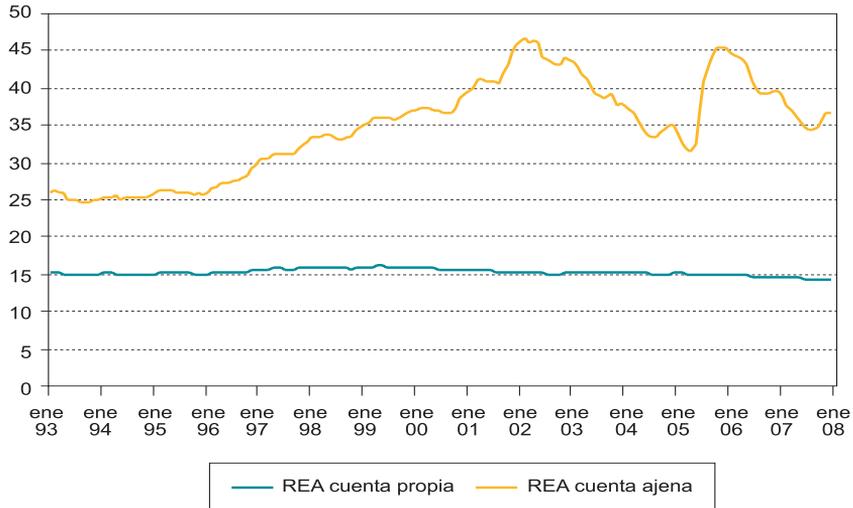
<sup>2</sup> Recuérdese lo dicho anteriormente sobre la duración de la campaña y la sucesión de cosechas.

**Gráfico 5. Afiliados al Régimen Especial Agrario de la Seguridad Social en España (1993-2007)**  
(en miles)



Fuente: Ministerio de Trabajo e Inmigración.

**Gráfico 6. Afiliados al Régimen Especial Agrario de la Seguridad Social en Almería (1993-2007)**  
(en miles)



Fuente: Ministerio de Trabajo e Inmigración.

Finalmente, y como puede observarse en los Gráficos 5 y 6, el mercado de trabajo agrario en Almería presenta una evolución singular en los últimos años, que difiere sustancialmente de la que ha seguido en el conjunto del país. El número de trabajadores por cuenta propia se ha mantenido prácticamente constante en la provincia desde principios de los años noventa (en torno a los 15.000), mientras que el total nacional cayó en casi un 50%. En cuanto a los trabajadores afiliados por cuenta ajena, éstos han experimentado un aumento progresivo en Almería durante el mismo período, aunque con significativos altibajos que pueden achacarse a la dinámica de regulación de la población inmigrante puesta en marcha por la administración. En el conjunto del país, por su parte, esta cifra apenas si ha variado. Ambos fenómenos (estabilidad en el número de trabajadores por cuenta propia y crecimiento de los asalariados) dan una idea del dinamismo de la agricultura intensiva almeriense, frente al retroceso del sector agrario en el conjunto del país.

## 4. Conclusiones

El mercado de trabajo en el regadío del Sureste peninsular se diferencia notablemente de lo que sucede en el contexto agrario español, y es ajeno a situaciones tan extendidas como el abandono de cultivos o el envejecimiento de la población activa. Muy al contrario, desde principios de los años 90 se asiste a un crecimiento prácticamente ininterrumpido de los ocupados en las actividades más dinámicas de la zona, como es el caso de la horticultura intensiva, sector que ha centrado el grueso del análisis en las páginas precedentes. Ello se debe al crecimiento exponencial que ha experimentado este sector y a las peculiaridades de las faenas agrícolas que se realizan en los cultivos bajo plástico, que impiden su mecanización a gran escala.

Una parte muy significativa de este crecimiento se debe a la incorporación de mano de obra inmigrante, sobre todo de varones jóvenes, que han venido a sustituir paulatinamente al empleo familiar en las explotaciones. Esta agricultura necesita de un mercado de trabajo flexible, que le permita contratar gran volumen en las puntas de trabajo, pero que al mismo tiempo se adapte a la estacionalidad de las faenas, de los ciclos productivos. En cambio, casi cuarenta años después del despegue del sector, se mantiene un alto grado de desregulación e informalidad en las relaciones laborales. Por todo lo dicho, es necesario buscar fórmulas que aporten estabilidad en el empleo y faciliten la especialización. Una de ellas es la contratación en origen, que hasta ahora ha dado buenos resultados,

pero que no deja de presentar dificultades en su proceso de implantación y que, en la actual coyuntura, está siendo objeto de crítica y revisión. Otra posible alternativa implicaría la planificación de los requerimientos de mano de obra del sector en su conjunto, y no de manera individual como hasta ahora. Las cooperativas, por ejemplo, podrían coordinar la oferta de mano de obra, del mismo modo que facilitan al agricultor toda clase de suministros y servicios. Este método permitiría que los trabajadores desempeñasen su actividad en los invernaderos en función de la demanda global, lo que supondría un gran cambio en el modelo de gestión de las explotaciones.

La continua mejora de estructuras, la capitalización de las explotaciones y las innovaciones en las técnicas de cultivo, requieren de una mayor especialización en los trabajadores. Un proceso de cualificación progresiva que se ve en parte impedido por las fluctuaciones del mercado laboral, lo que al mismo tiempo dificulta la implementación de medidas como la fijación de los salarios en función de la productividad, que haría más atractivo el trabajo en los invernaderos. En consecuencia, los retos a corto y medio plazo para el sector se sitúan, por un lado, en la profesionalización de la mano de obra y, por otro, en la adaptación del capital humano a las nuevas técnicas de manejo de cultivos y fertirrigación que lleva aparejado el desarrollo tecnológico. Finalmente, cabe preguntarse si el aumento del paro en otros sectores de actividad no supondrá un aumento de la población activa agraria de la región a corto plazo.

## Referencias bibliográficas

- Arnalte, E. (2002). "Ajuste estructural y cambios en los modelos productivos de la agricultura española". En Gómez Benito, C. y González, J.J. (coords.): *Agricultura y sociedad en el cambio de siglo*. Madrid, McGraw Hill-UNED: 391-425.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (2002). *Plan del sector hortícola de Almería*. Sevilla, Junta de Andalucía: 2 vols.
- Fernández-Cavada Labat, J.L.; Martín-Fernández, S. y Ortuño-Pérez, S.F. (2007). "Evolución y perspectivas del mercado de trabajo agrario en España (1976-2004)". *Agrociencia* (41): 241-251.
- García Torrente, R. (2002): "Análisis de las necesidades de mano de obra en la economía almeriense". En Pimentel, M. (coord.): *Mediterráneo Económico (1): Procesos migratorios. Economía y personas*. Almería, Fundación Cajamar: 389-409.
- Instituto de Estudios de Cajamar (2004). *El modelo económico Almería basado en la agricultura intensiva. Un modelo de desarrollo alternativo al modelo urbano-industrial*. Almería, Cajamar.
- Langreo Navarro, Alicia (2002). "Mercado de trabajo y necesidades laborales en la agricultura española". En Pimentel, M. (coord.): *Mediterráneo Económico (1): Procesos migratorios. Economía y personas*. Almería, Fundación Cajamar: 201-224.
- Sánchez Picón, A. y Marzo López, B. (2006): "De campesinos a agricultores, de agricultores a empresarios. Un recorrido histórico". En Matarín Guil, M.F. y Valverde Guil, J.F. (eds.): *La agricultura almeriense. Un mundo vivo*. Almería, Instituto de Estudios Almerienses: 9-20.



# La agricultura y el agua en el sistema productivo. Análisis de su importancia en la economía aragonesa a través de una Matriz de Contabilidad Social

*Julio Sánchez Chóliz, Jorge Bielsa e Ignacio Cazcarro*

## 1. Introducción

SAM y SAMEA son los acrónimos ingleses de Matriz de Contabilidad Social y de Matriz de Contabilidad Social y Medioambiental. Ambos instrumentos de análisis se derivan de las conocidas Tablas Input-Output (TIO). Lo que se pretende con dichas construcciones teóricas y con sus aplicaciones prácticas es representar todos los flujos económicos que se producen en una unidad geográfica (país, región, comarca,...). Las matrices de contabilidad social añaden a las TIO los flujos redistributivos que tienen lugar en las complejas sociedades modernas en las que el Estado tiene un papel muy destacado. A partir de esas SAM, las SAMEA incorporan el flujo de materiales, recursos naturales y contaminación que inevitablemente lleva aparejado el proceso productivo.

El objetivo de este documento es utilizar la SAMEA "hídrica" de la economía aragonesa publicada en Flores y Sánchez-Chóliz (2007) para valorar la relación agua - agricultura - economía en su conjunto usando como eje las tres preguntas siguientes:

- ¿Qué papel representa la agricultura dentro de la economía?
- ¿Qué sectores están implicados, directa o indirectamente, en el uso de agua dentro de la economía?
- ¿Es la economía aragonesa autosuficiente en términos de agua o necesita importarla en forma de agua virtual?

De acuerdo con esas preguntas-objetivo, en el apartado 2 se expone de forma breve y simplificada el problema que trata de abordar y la herramienta con la que vamos a representar la realidad económica y sus conexiones con el medio hídrico. En el apartado 3 se presentan los resultados concretos de un caso de estudio para la economía aragonesa. Finalmente, en el apartado de conclusiones resumimos esos resultados que no son otra cosa que una radiografía del "cuerpo económico" y de flujos agua-economía que sostienen dicho cuerpo.

## **2. La agricultura, el agua y el sistema productivo**

Dos lugares comunes en el imaginario de los tópicos y de las verdades inmutables son los siguientes: El sector primario es poco importante respecto al total de producción en los países desarrollados y, en el caso particular de los países mediterráneos, el uso del agua es abrumadoramente un uso agrario (la agricultura de regadío). Las cifras no pueden ser más claras en ambos sentidos: si medimos el peso directo del sector primario en los países más avanzados, encontramos porcentajes bajos y decrecientes (entre otras fuentes, puede utilizarse la plataforma de datos de OECD (2008) para obtener una imagen nítida de esta evolución).

Por otra parte, los porcentajes que representa el uso de agua para riego sobre el total también son grandes en los países del arco mediterráneo (si exceptuamos Francia, cuyo componente mediterráneo es menor). En resumen, la idea central es que la agricultura representa una parte pequeña de la producción y es la responsable de cuatro quintas partes de toda el agua que se moviliza para satisfacer las necesidades "económicas".

En efecto, las sociedades modernas como pretende ser la nuestra, se desmaterializan crecientemente, al menos desde el punto de vista de los bienes que producen (no así, obviamente, respecto a los que consumen). En general, es evidente que el desarrollo económico lleva aparejada en todas partes una reducción del peso del sector agrario sobre el PIB y un ascenso notable del sector servicios. Pero incluso allí donde los servicios no son lo más importante, también se registra una disminución apreciable de la importancia macroeconómica de la agricultura. Por ejemplo, se destaca como un cambio radical, rápido (y según algunos, ejemplar) el de Corea del Sur, que en el cuarto de siglo posterior a 1960 pasó de tener el 35% de su producción en el campo a sólo un 10% en

1985. Esa cifra del 10% puede considerarse como un valor muy alto para la importancia relativa del sector agrario en aquellos países que se consideran del "primer mundo". Por otra parte, es indudable que el clima determina que cualquier agricultura de regadío en países semiáridos va a tener como consecuencia inevitable una movilización masiva de la poca agua disponible.

En consecuencia, se tome como se tome, una fotografía externa y superficial de un país mediterráneo y supuestamente avanzado como el nuestro, nos mostrará un sector agrario relativamente poco importante a la hora de generar renta o empleo y con gran consumo de un recurso escaso como es el agua. Acostumbrados como estamos a estas cifras sectoriales y a estos análisis parciales, es posible que el estudio de las cadenas de relaciones económicas y físicas nos ofrezca una imagen algo distinta de las tradicionales. Dicho en otras palabras, quizá si tratamos de analizar "por dentro" ese cuerpo económico, encontremos algunas relaciones y encadenamientos que, sin negar totalmente la imagen anterior, si que la maticen en gran medida. Nuestro aparato de rayos X no es otro que las matrices de contabilidad social ampliadas al medio ambiente. Para poder explicar los resultados empíricos de su uso (la radiografía) es necesario tener unos conocimientos mínimos sobre cómo funciona el aparato que la hace. Dediquemos una breve sección a describir dicho funcionamiento.

## **2.1. La SAM o Matriz de Contabilidad Social sin y con medio ambiente**

Aquellas personas familiarizadas con la metodología Input-Output no encontrarán nada nuevo en este apartado, que no es sino una "Guía Básica del Usuario" de dichos métodos. En esencia, las técnicas input-output persiguen conocer cuáles son los flujos económicos de bienes y factores entre los sectores de la economía, entre ésta y su sector público y hacia o desde fuera de ella (sector exterior).

La versión más sencilla y más antigua es la tabla o matriz Input-Output de Leontief. En ella se señalan tres tipos de flujos intersectoriales: los consumos intermedios (que no van a parar a los consumidores finales sino que se realizan entre los sectores productivos), los empleos finales (consumo de los hogares, consumo público, exportaciones, formación de capital y variación de existencias) y los flujos de factores primarios y recursos (pagos salariales, excedente de explotación e impuestos).

Sobre este núcleo, las Matrices de Contabilidad Social añaden información detallada sobre renta, consumo, ahorro, impuestos, cuentas del sector público,... es decir, todo lo necesario para describir la circulación de la renta por una economía en la que hay dos circuitos paralelos: uno de rentas privadas y otro con la redistribución en dinero (impuestos/transferencias) o en especie (servicios públicos) de las primeras. Ambos circuitos se abren al exterior porque el país comercia, recibe y da financiación y transferencias del/al resto del mundo.

Los datos de la SAM son monetarios y no dicen nada sobre el entorno natural sobre el que tiene lugar la producción y el consumo. Para resolver este problema se construyen las SAMEA, que es básicamente una SAM a la que se le añaden filas y columnas que reflejen los flujos de materiales asociados a cada sector. En el Cuadro 1 representamos una SAMEA en la que únicamente se incorporan los flujos de agua. De las 6 cuentas genéricas de una SAM que representamos a efectos ilustrativos, las tres primeras serían sectores productivos (parte central de las TIO), dos corresponderían a cuentas "institucionales" y la sexta estaría formada por los empleos o demandas finales (columnas) y los inputs primarios (visto desde las filas). En este esquema, cada elemento de las columnas refleja los flujos monetarios que van hacia las cuentas de las filas. Dicho de otra manera, cada fila representa las compras o los pagos de la cuenta correspondiente a las diferentes columnas. Lógicamente, la suma de los flujos entrantes a cada fila coincide con la de los salientes de la columna de la misma cuenta, indicando una simple igualdad entre empleos y recursos.

Un poco de cálculo matricial permite obtener interesantes aplicaciones de las tablas anteriores. La primera de ellas, debida también a Leontief, es que podemos estimar cuantas unidades de producción son necesarias en total para satisfacer una unidad de deman-

**Cuadro 1. Modelo de SAMEA hídrica**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Total	Agua
(1)	TIO  SAM							$X_{1A}$
(2)								$X_{2A}$
(3)								$X_{3A}$
(4)								$X_{4A}$
(5)								$X_{5A}$
(6)								$X_{6A}$
Total								Total
Agua	$X_{A1}$	$X_{A2}$	$X_{A3}$	$X_{A4}$	$X_{A5}$	$X_{A6}$	Total	$x_A$

da final determinada, sea para el consumo de los hogares, para inversión o para exportaciones. En efecto, si dividimos los elementos de la matriz por la producción total de cada sector, obtenemos una matriz  $A_{ij}$  de coeficientes técnicos que nos dice: "unidades de producción del sector  $i$  que hacen falta para generar una unidad del sector  $j$ ". Ello nos permite expresar la producción de cada sector  $x_i$ :

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & A_{13} & A_{14} \\ A_{21} & 0 & 0 & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & 0 \\ 0 & 0 & A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} \Leftrightarrow x = Ax + y \quad [1]$$

Que también puede ser representada como:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{21} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} \Leftrightarrow x = (I - A)^{-1} y = My \quad [2]$$

A los  $M_{ij}$  se les denomina multiplicadores de la cuenta fila  $i$  y cuenta columna  $j$ .

Un sencillo ejemplo nos permitirá ilustrar su significado. Si  $i$  es la cuenta Material de transporte y  $j$  es la cuenta Ganadería,  $M_{ij}$  es el gasto en material de transporte necesario, directa o indirectamente, para producir una unidad de la cuenta ganadería. Por tanto,  $M_{ij}$  incluye también el gasto indirecto en material de transporte necesario para obtener los inputs necesarios para la producción ganadera, el de los inputs usados para obtener esos primeros inputs, y así sucesivamente. Esto allana el camino para las valoraciones verticalmente integradas de Pasinetti (1973), que tienen ya una larga tradición en la literatura económica. El fundamento es sencillo: podemos sumar los valores de cada columna de esa matriz  $M_{ij}$  y obtener el total de factores directos e indirectos que recibe una unidad de demanda final de ese sector del resto de la economía. Una primera aplicación de este cálculo es utilizarlo para ponderar la importancia real de cada sector no sólo por lo que produce sino también por lo que "arrastra".

Podemos dar un paso más y obtener las necesidades totales de algún factor productivo, tanto directa como indirectamente, para conseguir una unidad de bien final. En efecto, si  $C_a$  es un vector de coeficientes unitarios de agua por unidad de cada sector productivo,  $C_a' M$  será un vector de coeficientes verticalmente integrados de agua, esto es, cada elemento de ese vector es una estimación de la cantidad de agua necesaria, directa o indirectamente, por cada unidad de gasto final del sector que ocupa esa posición. Pasar a unidades totales es una simple cuestión de escala.

A este resultado se le ha dado diversos nombres para el caso particular del agua. "Valores Agua" o Water Values le llamamos en Duarte *et al.*, (2002). Por su parte, en Allan (2003), en un contexto diferente al que aquí presentamos, "se descubre" el mismo concepto y se etiqueta como "virtual water". Sin pretender haber descubierto nada nuevo, hace mucho tiempo que se maneja esa misma noción para diversos recursos naturales y contaminantes bajo la denominación "embodied + (nombre del recurso/contaminante)". Una de las aplicaciones más interesantes, por razones obvias, son las relacionadas con las necesidades energéticas y las emisiones de  $CO_2$ .

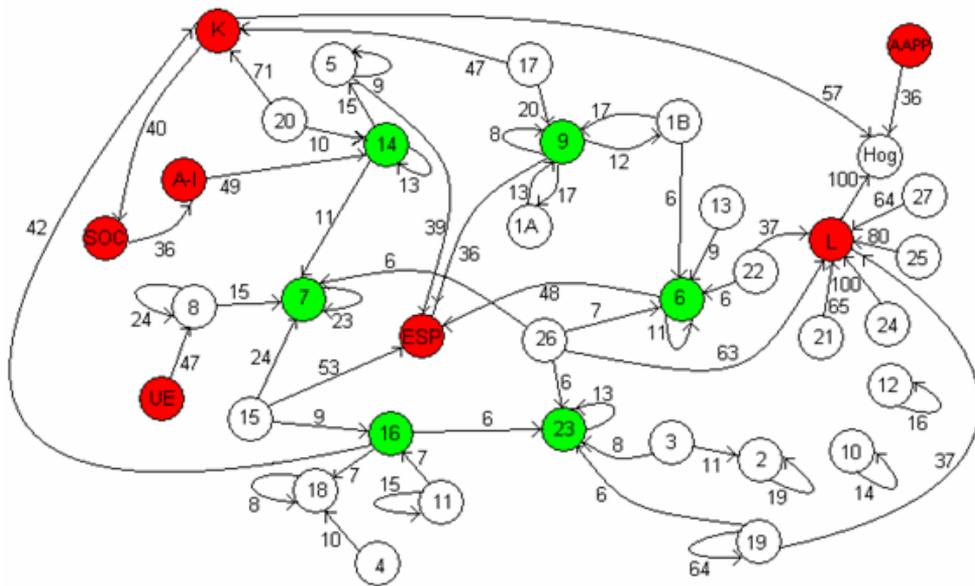
### 3. Estudio de caso: agricultura, agua y economía en Aragón

Recordemos que el objetivo central era aplicar el método anterior al caso de la economía aragonesa. Pasemos a continuación a ver los resultados de ese análisis de caso. En la medida en que la economía y sector productivo aragonés pueden ser representativos de buena parte del resto del país, los resultados pueden servir para extraer conclusiones más generales.

#### 3.1. La SAM aragonesa y la agricultura

La SAM es a primera vista un prolijo cuadro en el que con frecuencia los árboles no dejan ver el bosque. Para sortear ese problema, truncamos los valores menos significativos (haciéndolos cero), agregamos los sectores en bloques importantes y representamos visualmente las ligaduras intersectoriales más marcadas. Para el objeto que perseguimos, usaremos el Grafo de los grandes flujos de la SAM de Aragón de 1999 reflejado en el Gráfico 1.

Gráfico 1. SAM aragonesa. Principales compras/ventas intersectoriales: porcentaje y destino



1A: Agricultura, selvicultura y acuicultura; 1B: Ganadería; 2: Productos energéticos; 3: Agua; 4: Minerales y metales; 5: Minerales y productos no metálicos; 6: Productos Químicos; 7: Productos metálicos y maquinaria; 8: Material de transporte; 9: Productos alimenticios, bebidas y tabaco; 10: Textiles, cuero y calzado; 11: Papel, artículos de papel e impresión; 12: Madera y corcho (excepto muebles de madera); 13: Caucho, plásticos y otras manufacturas; 14: Construcción e ingeniería; 15: Recuperación y reparaciones; 16: Servicios comerciales; 17: Hostelería y restaurantes; 18: Transportes y comunicaciones; 19: Crédito y seguros; 20: Servicios inmobiliarios; 21: Enseñanza privada; 22: Sanidad Privada; 23: Otros Servicios para la venta; 24: Servicios Domésticos; 25: Enseñanza pública; 26: Sanidad Pública; 27: Otros Servicios Públicos; L: Factor Trabajo; K: Factor Capital; HOG: Hogares; SOC: Sociedades; A.A.P.P.: Administraciones Públicas; A-I: Cuenta de Capital; ESP: España; UE: Unión Europea; RM: Resto del Mundo.

Fuente: Flores y Sánchez Chóliz (2007).

A la vista del Gráfico 1 podemos decir que la economía aragonesa tenía, hace ya una década, tres núcleos básicos: el agroalimentario agrupado alrededor del sector 9, el químico centralizado por el sector 6 y el metálico que gira en torno a los sectores 7 y 8. Estos tres núcleos se completan con las actividades relacionadas la construcción y con los servicios, siendo la Hostelería y el Turismo uno de los principales.

Dentro del bloque agroalimentario, la agricultura desempeña un papel esencial como proveedor directo de las industrias transformadoras agroalimentarias que a su vez elaboran inputs para la ganadería y para la hostelería aragonesas y también exportan al resto

del país. La hostelería, por su parte, además de generar recursos por sus ventas de servicios al exterior, contribuye notablemente a la formación de capital bruto de la economía. Por tanto, cuando se habla de la importancia de la agricultura en la economía aragonesa, no deberían olvidarse tres hechos esenciales. En primer lugar, que la agricultura forma parte de un entramado, junto con la ganadería, las alimentarias y la hostelería, que es uno de los tres núcleos principales de dicha economía. En segundo lugar, que moviliza los recursos y genera las rentas de un entramado que supone alrededor de una sexta parte de la producción regional. Por último, también debería recordarse que presenta una fuerte integración productiva dentro del bloque, por lo que los efectos indirectos hacia delante o hacia atrás pueden ser muy relevantes. Estos hechos ya han sido estudiados con anterioridad en diversos trabajos, como el de Pérez y Feijoo (1993) para la economía aragonesa o el de Iraizoz y Rapún (2001) para la economía navarra.

Cabe preguntarse si esta estructura productiva se mantiene en la actualidad, una década después de los datos a los que se refiere el Grafo anterior. A partir de una actualización de la SAM anterior usando la información más reciente y completa disponible a nivel sectorial y regional, podemos contar con un avance fiable de la SAM aragonesa de 2005 gracias a Mainar (2009). Dichos resultados, que están disponibles a petición, reflejan una imagen muy similar, con una excepción por otra parte esperable: el extraordinario avance del bloque construcción-inmobiliarias. Ambos sectores crecen su participación un 5% respecto a la producción total, restando algo a los otros tres grandes núcleos ya mencionados para finales del siglo pasado, que siguen siendo claves.

Sobre esa radiografía prácticamente idéntica (si exceptuamos el "tumor" inmobiliario) se observa un refuerzo de la integración de los sectores del bloque agroalimentario, tanto entre sí como con el resto de la economía aragonesa. En concreto, las compras de la agricultura a agroalimentarias locales pasan de un 13 a un 21% y la ganadería hace lo propio con un cambio del 17 al 24%. La hostelería, por su parte, incrementa sus compras hacia productos agroalimentarios locales del 20 al 23% e incrementa notablemente su contribución a la formación de capital regional del 47 al 54%. En el sentido contrario, la industria agroalimentaria aragonesa pasa a ser más dependiente del exterior, disminuyendo sus compras de productos aragoneses agrarios (del 17 al 12%) y ganaderos (del 12 al 8%). Esto se compensa lógicamente con un notable crecimiento de las exportaciones agrarias y ganaderas al exterior.

Todo esto es esencial porque, como veremos, buena parte de la utilización del agua en la economía aragonesa está asociada a estos núcleos productivos, en concreto al agroalimentario y los servicios. Por ello, la orientación productiva global determina en gran medida las necesidades de agua totales y también las "responsabilidades" en cuanto al uso y consumo del recurso.

### 3.2. Sobre la SAMEA hídrica y el uso de agua en la economía aragonesa

Pasemos ahora a analizar las implicaciones de esa orientación productiva sobre el uso y consumo de agua. El Cuadro 2 muestra las filas relacionadas con el uso y consumo directos para 9 bloques de sectores e instituciones, tanto en términos absolutos como relativos.

Vemos que el uso directo de agua (incluyendo la importada) es de 6.160 Hm<sup>3</sup>. El bloque con mayor uso de agua es el de "Actividades agrarias y agroalimentarias" que utiliza 3.706 Hm<sup>3</sup>, de los que corresponden casi todos a Agricultura de regadío (3.608 Hm<sup>3</sup>). En esta primera aproximación ya puede verse la gran importancia que tiene el agua que viene del exterior contenida en las importaciones de productos, principalmente agroalimentarios (31% del total). El resto de actividades utilizan una cantidad mucho menor, siendo los bloques de "Energía e industrias extractivas", "Química, caucho y plásticos" y los "Hogares" los mayores usuarios después del agroalimentario. El resultado, por

**Cuadro 2. Usos y Consumos de agua directos (Hm<sup>3</sup>)**

Datos en Hm <sup>3</sup>	Uso	%uso	Consumo	%consumo
<b>Agroalimentario</b>	<b>3.706</b>	<b>60</b>	<b>2.546</b>	<b>73</b>
Energía y Extract.	246	4	30	1
Química	172	3	83	2
Máq. Y Automoción	10	0	6	0
Otras Manufacturas	8	0	2	0
Construcción	1	0	1	0
Servicios	44	1	28	1
<b>Sector exterior</b>	<b>1.901</b>	<b>31</b>	<b>758</b>	<b>22</b>
<b>Hogares</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6.160</b>	<b>100</b>	<b>3.468</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de las Cuentas Satélite del Agua del INE (ver Duarte *et al.*, 2007).

otra parte bastante esperable, es que los consumos de agua van muy asociados a dos de los núcleos de la economía aragonesa, los agrupados alrededor del sector 9: "Productos alimentarios, bebidas y tabaco" y el 6: "Productos químicos".

Pero usemos ahora los datos de consumo físico verticalmente integrados en el Cuadro 3. Como hemos señalado anteriormente, esto supone contabilizar toda el agua usada o consumida que es "arrastrada" por el sector en cuestión. El consumo físico total de agua es lógicamente el mismo (3.468 Hm<sup>3</sup>), pero ahora se reparte en función de quién es el que lo genera en última instancia para satisfacer las demandas finales. Para cuadrar las cuentas, a este consumo directo o indirecto de la actividad productiva hay que añadirle el consumo directo de los hogares y el incorporado vía importaciones.

Al fijarnos en los destinos, y por tanto en las cuentas o sectores que realmente generan o arrastran el consumo de agua, el orden y el peso son bastante diferentes. Por supuesto, sigue estando en primer lugar "Actividades agrarias y agroalimentarias", pero la tercera posición tras el sector exterior corresponde a "Servicios", con sus nada despreciables 487 Hm<sup>3</sup>, quedando en cuarto lugar el bloque "Otras manufacturas" con 139 Hm<sup>3</sup>, que no era especialmente importante por consumo directo. Por último, en cuarta posición aparece el bloque "Energía e industrias extractivas".

**Cuadro 3. Usos y Consumos de Agua Verticalmente Integrados (Hm<sup>3</sup>)**

Datos en Hm <sup>3</sup>	Uso	%uso	Consumo	%consumo
Agroalimentario	3.221	52	2.195	63
Energía y Extractiv.	130	2	17	1
Química	96	2	45	1
Máq. y Automoción	74	1	33	1
Otras Manufacturas	139	2	89	3
Construcción	2	1	1	0
Servicios	487	8	294	7
Sector exterior	1.901	31	758	22
Hogares	72	1	15	0
<b>TOTAL</b>	<b>6.160</b>	<b>100</b>	<b>3.468</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de las Cuentas Satélite del Agua del INE y los coeficientes técnicos de la SAMEA aragonesa de 1999.

Podemos ver que, puesto en contexto, el consumo de agua de los hogares a través del "contenido en agua" de su cesta de la compra puede ser muy importante de forma indirecta. Del mismo modo, existen sectores que, aunque pasan desapercibidos en la prueba del consumo directo, se comportan como "succionadores" de agua, es decir, arrastran el consumo de agua de los sectores a los que compran. Los servicios, especialmente la hostelería, determinadas manufacturas y, especialmente, la mezcla de bienes que el resto del mundo demanda de Aragón, son los responsables finales de buena parte del agua que se consume en dicho territorio.

Por último, con los datos del Cuadro 3 y usando una metodología de integración vertical como la descrita, podemos responder a la tercera de las preguntas iniciales: ¿es Aragón una región importadora o exportadora de "agua virtual"?, o lo que es lo mismo, ¿viene más agua contenida en nuestras importaciones que la que sale "embotellada" en nuestras exportaciones?

Identificamos el agua "entrante" con el consumo físico de la fila sector exterior (importaciones), que es de 758 Hm<sup>3</sup> según el Cuadro 3, lo que supone el 22% del total regional. Por otra parte, podemos estimar el valor consumo físico de agua de las exportaciones (olvidando el peso que el agua importada tiene en ellas) realizando un sencillo cálculo. Dado que las exportaciones son producción interior aragonesa y disponemos de un vector de exportaciones en la información Input-Output, podemos calcular el contenido en agua de las mismas usando exactamente los mismos coeficientes unitarios que hemos empleado para obtener el agua indirecta (o virtual) en cada uno de los sectores regionales. De hecho, las exportaciones al Sector Exterior no son más que una cesta de bienes, con una composición porcentual por sectores bastante estable en el tiempo, que el territorio en cuestión vende al exterior (aquí se contabilizan conjuntamente las exportaciones al resto de España y al resto del mundo). Tras ese cálculo, obtenemos unas exportaciones totales de agua de unos 1.690 Hm<sup>3</sup> en términos de consumo físico, por lo que Aragón exporta agua en términos netos por un valor de alrededor de 900 Hm<sup>3</sup>. Unas cuentas parecidas, con resultados cualitativos similares, pueden verse en Dietzenbacher y Velázquez (2006) o en Cazcarro y Sánchez Chóliz (2008).

## 4. Conclusiones

A partir de tres preguntas simples y usando una herramienta relativamente sencilla hemos realizado una "radiografía" de la importancia económica y de la utilización del agua por parte de la agricultura en Aragón. En la medida que permitan los datos, este análisis es generalizable a otros territorios.

A partir de una imagen superficial de un sector agrario poco importante en términos económicos, obtenemos imágenes internas del aparato productivo en las que se muestra un sector integrado en un conglomerado más amplio que tira de él, desde los más evidentes sectores ganaderos y agroalimentarios hasta los servicios y una de nuestras grandes fuerzas motrices: la hostelería y el turismo. Ignorar estas conexiones desvirtúa bastante la valoración de la aportación agraria a la renta total que generamos. Por tanto, cuando se valora la verdadera aportación del sector a la economía aragonesa, es necesario tener en cuenta que la agricultura forma parte de un núcleo integrado que, junto con el sector químico y las industrias relacionadas con la automoción, son las tres patas sobre las que descansa el grueso de la generación de renta y empleo de la Comunidad Autónoma.

Esas mismas ligaduras internas de la agricultura con otros sectores se encargan de distribuir la "responsabilidad" del agua que utiliza con el resto de actividades a las que sirve directa o indirectamente y, en última instancia, valorar su contribución a la presión sobre los recursos hídricos. Así, cuando observamos qué sectores tienen más "contenido en agua", podemos hacernos una idea mejor de cuáles son los verdaderos requerimientos de la cesta de bienes que estamos produciendo. En concreto, es importante constatar la relación agroalimentarias-servicios (especialmente la hostelería) dado que es uno de los núcleos sobre los que descansa la generación de renta de la economía en su conjunto.

Finalmente, esa orientación productiva específica de la economía aragonesa determina que una parte importante del agua que se consume físicamente en Aragón salga fuera en forma de un saldo positivo de las exportaciones menos las importaciones de agua virtual entre la Comunidad Autónoma y el resto del mundo. Ese saldo neto positivo refleja el resultado de un complejo equilibrio de compras y ventas del/al exterior en el que tanto la disponibilidad de agua como el sector agroalimentario y la hostelería juegan un importante papel. En consecuencia, cualquier modificación en ambos elementos implicaría importantes consecuencias macroeconómicas para la región.

## Referencias bibliográficas

- Allan, A. (2003): "Virtual Water- the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor?" *Water International*, 28 (1): 4-11.
- Cazcarro, I y J. Sánchez Chóliz (2008): "Water consumption based on a disaggregated Social Accounting Matrix of Huesca". *Proceedings of the International Input Output Meeting on Managing the Environment*. Sevilla.
- Dietzenbacher, E y E. Velázquez (2006): *Virtual water and water trade in Andalusia. A study by means of an input-output model*. Working papers series. WP ECON 06.06. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla.
- Duarte R.1; J. Sanchez-Choliz ; J. Bielsa (2002) : "Water use in the Spanish economy: an input-output approach". *Ecological Economics*, 43 (1): 71-85.
- Duarte, R; M. Flores y J. Sánchez Chóliz (2007): "Uso y Consumo de Agua en la Economía Aragonesa: Una Aproximación a través de Indicadores derivados de la SAMEA". *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 18, (1): 91-109.
- Flores, M. y J. Sánchez Chóliz (2007). "Contabilidad medioambiental y social en Aragón". Comunicación presentada en el 5º congreso de Economía Aragonesa. Zaragoza.
- Iráizoz, B; M. Rapún (2001): "Evolución del complejo agroalimentario de Navarra. Análisis a partir de las tablas input-output de 1980-1995". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 1: 7 -27.
- Mainar, A (2009): "Avance de la SAM aragonesa para 2005". Próxima publicación. Disponible a petición a la dirección [jbielsa@unizar.es](mailto:jbielsa@unizar.es).
- OECD (2007). *Measuring Industrial Performance. Input Output Tables for the OECD countries*. [http://www.oecd.org/document/30,3343,en\\_2649\\_201185\\_38071427\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/30,3343,en_2649_201185_38071427_1_1_1_1,00.html)
- Pasinetti, L (1973): "The Notion of Vertical Integration in Economic Analysis", 1973, *Metroeconomica*, 25 (1): 1-29.
- Pérez, L y M Feijoo (1993): "Estructura del Complejo Agro-Alimentario Aragonés a Través de las Tablas Input Output". *Revista de Estudios Agro Sociales*, 164: 61-74.



# III. Escasez e instrumentos económicos

## La economía del agua de riego en España

- 179 Cambio global y recursos hídricos para la agricultura
- 199 Agua virtual y huella hidrológica
- 221 La escasez del agua cuestionada: huella hidrológica y "comercio" de agua virtual agrario
- 247 Asignación del agua de regadío: Una comparación de reglas
- 263 El coste financiero en la DMA. Tarifas sobre el uso del agua en agricultura
- 279 Tarifación y recuperación de los servicios del agua
- 295 El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español
- 321 Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos de opción



# Cambio global y recursos hídricos para la agricultura

Ana Iglesias y Sonia Quiroga

## 1. Introducción

El cambio climático es una realidad. El cuarto informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007) muestra claramente que el aumento de temperatura de la atmósfera en la superficie terrestre observada en las últimas décadas es consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (GEI) provocadas por ciertas actividades humanas. Los impactos de este aumento de temperatura también son una realidad. Se han aportado datos incuestionables sobre los efectos de la variación climática sobre los ecosistemas naturales, glaciares y sistemas agrarios en muchas regiones (Rosenzweig *et al.*, 2008). La literatura científica también sugiere que el número alarmante de fenómenos climáticos extremos observados en los últimos cinco años (sequía, inundaciones y olas de calor) son consecuencia del cambio climático (IPCC, 2007; Schär *et al.*, 2004).

Existen dos intervenciones políticas frente al cambio climático: control de las emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación) y ajustes a las consecuencias del cambio (adaptación). El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC, 1992) impone reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a los países que la ratifican. Hasta muy recientemente, las negociaciones del UNFCCC se han basado fundamentalmente en la mitigación, pero ahora está claro que el objetivo de asegurar el bienestar de las personas en el futuro conlleva necesariamente incluir también políticas de adaptación. En contraste con la clara defini-

ción de los términos "cambio climático" y "mitigación", los conceptos de impactos, vulnerabilidad, riesgo y adaptación no están definidos ni en la Convención Marco sobre el Cambio Climático (UNFCCC, 1992) ni en el Protocolo de Kyoto. Estos términos se usan en el lenguaje común y en muchos contextos científicos y políticos, lo que conduce a expectativas equívocas en el contexto de cambio climático y añade complejidad al diseño de políticas de adaptación. Sin embargo, es imprescindible comprender y cuantificar las respuestas al cambio climático puesto que son la base de las consecuencias para la sociedad. Estudios recientes (Stern *et al.*, 2006; Franhauser y Tol 2005; Quiroga y Iglesias 2007; PESETA 2008; CIRCE 2008) contribuyen a iniciar un diálogo público sobre el coste que la sociedad está dispuesta a asumir y eliminan cualquier duda posible sobre la necesidad de adaptarse al cambio climático.

Es importante considerar los cambios socio-económicos como parte del cambio global. Por una parte los cambios sociales, que a través de incrementos poblacionales incrementan la presión sobre los recursos hídricos. Además, los cambios en el modelo económico podrían afectar a las subvenciones dedicadas a la agricultura.

En este contexto de incertidumbre, el desarrollo y generalización del uso de nuevas tecnologías tendrá un papel fundamental a la hora de reducir la vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo asociado al cambio climático. La tecnología para la desalinización y la reutilización de agua ha evolucionado significativamente en los últimos años. En ese sentido puede observarse en el Cuadro 1 cómo a pesar de que el Mediterráneo representa apenas un 8% del total de área cultivada en el mundo y no más de un 10% del agua que se usa para riego en el planeta, la región mediterránea reutiliza un 64% del agua reutilizada a nivel mundial y un 24% del agua desalinizada en todo el mundo (FAO, 2008). Sin embargo, como alternativa para su uso masivo todavía no es sostenible en muchos casos, entre otros para el uso agrario.

Este capítulo explora la relación entre el cambio climático y los recursos hídricos para la agricultura. Como se ha señalado, estas relaciones no se encuentran aisladas, sino en el contexto de una interacción con las condiciones socio-económicas y medioambientales. Para analizar los impactos del cambio global y sus soluciones potenciales en el marco de la adaptación, el capítulo se ha enfocado en dos cuestiones: (i) ¿qué impactos tendrá el cambio global sobre los recursos hídricos para la agricultura? y (ii) ¿cuál podría ser el futuro más optimista?

**Cuadro 1. Situación de los recursos hídricos en el Mediterráneo y en el mundo**

	<b>Mundo</b>	<b>Mediterráneo</b>	<b>% del Mundo</b>
Superficie de cultivo (millones de Km <sup>2</sup> )	125	10	8
Población total (millones de hab.)	6.714	470	7
PIB 2006 (109 US \$)	40.587	6.088	15
Comercio agrícola 2006 (109 US \$)	640	128	20
Recursos hídricos renovables (km <sup>3</sup> /año)	54.977	1.169	2
Agua subterránea producida (km <sup>3</sup> /año)	9.943	299	3
Agua desalinizada (106 m <sup>3</sup> /año)	3.058	887	29
Agua reutilizada (109 m <sup>3</sup> /año)	1.507	970	64
Regadío 2003 (109 ha)	264.930	26.493	10

Fuente: FAO (2008).

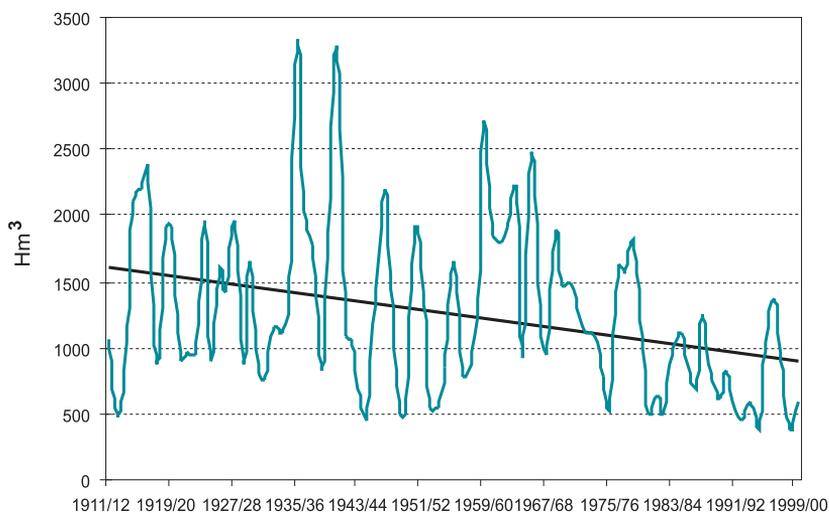
Para ello, este capítulo se ha estructurado como sigue: la Sección 2 se centra en analizar las proyecciones actuales sobre el clima futuro. La Sección 3 analiza los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, tanto a nivel global (Sección 3.1) como a nivel Europeo (Sección 3.2) y se centra en la Región Mediterránea para discutir algunos impactos sobre el sector agrario. La Sección 4 trata de las estrategias de adaptación tratadas en el Libro Blanco para la adaptación al cambio climático que ha publicado recientemente la Comisión Europea (COM, 2009). Por último, se presentan algunas conclusiones que cierran el capítulo.

## **2. Los cambios de clima recientes y los escenarios de clima futuro**

Evidencia demostrando el aumento de temperaturas durante el último siglo hace puede encontrar en varios miles de artículos científicos y ha sido uno de los temas que más se ha revisado en los últimos diez años debido a las consecuencias potenciales de dichas variaciones. Una extensa revisión de dicha evidencia se ha publicado por el Panel Intergubernamental del Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007). El IPCC define el cambio climático como una variación significativa de las variables de estado que definen una región climática (tales como la temperatura y la precipitación) o de la variabilidad de dichas variables persistente durante un periodo de tiempo (décadas o periodos mayores).

El sistema climático cambia permanentemente. Las dos primeras décadas del siglo 20 fueron relativamente frías, los años 20 y 30 fueron cálidos, los 40, 50 y 60 más fríos. Sin embargo a partir de los 70, todas las décadas han sido más calidas que la media de los cien años anteriores. Existe un consenso científico de que la temperatura mundial del aire en la superficie de la tierra ha aumentado más de 0.7° C en los últimos cien años y que los cinco años mas cálidos del periodo de observaciones instrumentales se han registrado durante los últimos diez años. Las proyecciones referidas al patrón de las precipitaciones muestran resultados más inciertos. Sin embargo, en general, las proyecciones para la región del Mediterráneo coinciden en una reducción de la precipitación. Iglesias *et al.*, (2007b) muestra cómo tanto las series de precipitación como los índices de sequía para el Mediterráneo, presentan al menos dos periodos con una tendencia y patrón de variabilidad distintos. La precipitación exhibe una tendencia claramente decreciente a partir de los años 70 incrementando el déficit hídrico en muchas zonas de la región. En el Gráfico 1 puede observarse como ejemplo la evolución decreciente de las aportaciones en el pantano de Bolarque, en la cuenca del Tajo, durante un periodo de 90 años.

Gráfico 1. Aportaciones en el pantano de Bolarque en un periodo de 90 años (1911-2000)



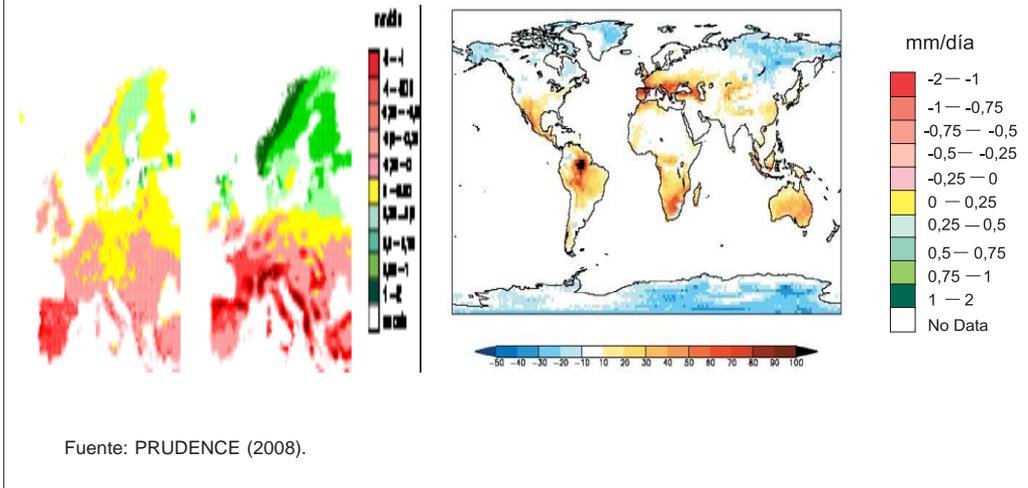
Fuente: Iglesias *et al.*, (2007b).

Para hacer una proyección del clima futuro nos tenemos que basar en modelos de simulación que son formulaciones matemáticas que describen los procesos entre la tierra, los océanos, la atmósfera y el balance de energía solar. Los resultados de las simulaciones de clima futuro dependen de la concentración de gases de efecto invernadero que haya en la atmósfera. Esta concentración está definida por el crecimiento de la población, el uso de la tierra y el crecimiento económico. Los modelos de clima global actuales, aunque todavía imperfectos, hacen una representación de las condiciones futuras que es ciertamente más adecuada que si se considerara que las condiciones son invariables. Se han desarrollado una decena de modelos de clima global para caracterizar las posibles desviaciones del clima como consecuencia de un aumento en los gases invernadero (IPCC 2007). Todos estos modelos de clima global predicen cambios sustanciales respecto al clima presente cuando se introduce un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero.

Los resultados apuntan a un calentamiento global del orden de 2°C a 5°C a finales del siglo 21 (IPCC 2007). Las simulaciones también resultan en un aumento de la precipitación global anual (5 a 25%). Este resultado es razonable puesto que la presión de vapor de saturación de agua aumenta con la temperatura, permitiendo que el aire caliente retenga más vapor de agua. Por tanto a mayor temperatura de la atmósfera, una disminución equivalente de la temperatura resulta en más condensación. En resumen, los modelos están de acuerdo con un aumento de la temperatura media mundial durante el próximo siglo de 0,31°C cada 10 años, cifra superior a la registrada en los últimos 10.000 años. Sin embargo, existen grandes diferencias regionales y grandes diferencias en los impactos de extremos tales como la sequía, como veremos a continuación.

En Europa, el proyecto PRUDENCE (Prudence 2008) ha elaborado escenarios para Europa a partir de: (1) escenarios socio-económicos, que definen las emisiones de gases de efecto invernadero y los usos de la tierra; (2) modelos de clima global, que definen los procesos físicos de la atmósfera, troposfera y océanos; y (3) modelos regionales de clima que definen las condiciones climáticas particulares de una determinada región (este proceso también se llama "downscaling"). Cada una de las simulaciones tiene una resolución geográfica de 50 x 50 km. Los escenarios climáticos del PRUDENCE son utilizados por numerosos científicos y administraciones públicas, por ejemplo el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino de España. Estos escenarios detallados proyectan cambios de temperatura que pueden llegar hasta los 5 grados en algunas regiones del sur. (Cuadro 2 y Gráfico 2).

**Gráfico 2. Escenarios del PRUDENCE sobre diferencias en precipitaciones (mm/día) en Europa para el clima en 2080 según los modelos HadCM3 y ECHAM para el escenario socio-económico A2**



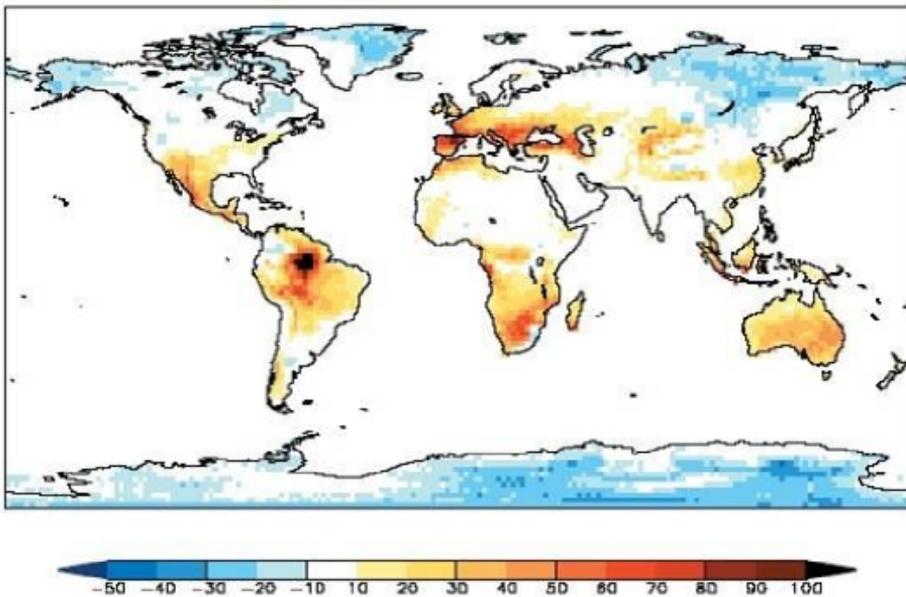
**Cuadro 2. Cambios de temperaturas proyectados para Europa por los distintos escenarios climáticos del PRUDENCE**

Escenario	Horizonte temporal	Tendencia de la evolución socio económica (SRES)	Modelo de clima		Concentración media de CO <sub>2</sub> ppm	Cambio en temperatura media anual (°C)
			global	regional ("downscaling")		
HadCM3 A2/DMI						
HIRHAM/2080s	2071-2100	A2	HadCM3	DMI/HIRHAM	709	3,1
HadCM3 B2/DMI						
HIRHAM/2080s	2071-2100	B2	HadCM3	DMI/HIRHAM	561	2,7
ECHAM4/OPYC3 A2						
SMHI/RCA3/2080s	2071-2100	A2	ECHAM4	SMHI/RCA3	709	3,9
ECHAM4/OPYC3 B2						
SMHI/RCA3/2080s	2071-2100	B2	ECHAM4	SMHI/RCA3	561	3,3
ECHAM4/OPYC3 A2						
SMHI/RCA3/2020s	2011-2040	A2	ECHAM4	SMHI/RCA3	424	1,9

Fuente: PESETA (2008).

En lo referente al futuro, las proyecciones de cambio climático indican un aumento en la probabilidad de sequías. En el Gráfico 3 puede observarse cómo la incidencia podría aumentar especialmente en toda la franja Mediterránea (Kerr, 2005; IPCC, 2007). La combinación de los cambios a largo plazo (mayores temperaturas medias) unidos a un mayor número de eventos extremos (sequías) podría tener un impacto decisivo en la disponibilidad de recursos hídricos a la vez que la demanda de riego se incrementa notablemente (Iglesias *et al.*, 2007b).

Gráfico 3. Cambios proyectados en el riesgo de sequía (%) bajo el escenario A1B MPI 2070-2100



Fuente: IPCC (2007).

## 3. Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos

### 3.1. Contexto Global

Una modificación de las características climáticas actuales afecta directamente a los recursos hídricos puesto que la temperatura y la precipitación definen directamente la disponibilidad y demanda potencial del recurso. Al mismo tiempo los cambios en variables climáticas también modifican la demanda de agua indirectamente, modificando factores clave tales como el uso del suelo, la demanda de energía y la producción de alimentos. La calidad del agua también está controlada por la precipitación y la temperatura. El efecto de un cambio climático para los recursos de una región en particular puede resultar positivo o negativo, dependiendo de las características del clima y de los usos actuales y de los cambios potenciales. Se han realizado varias decenas de estudios globales para analizar las consecuencias potenciales del cambio climático en los recursos hídricos, pero solamente un número reducido de ellos aplica una metodología común que permite establecer comparaciones entre regiones (Rosenzweig *et al.*, 2004; Alcamo *et al.*, 2003; Vorosmarty *et al.*, 2000). Aunque cada escenario analizado proyecta resultados diferentes, la mayoría de los resultados son consistentes en la distribución espacial de los efectos. En general hay un gran contraste entre los impactos negativos potenciales en las regiones tropicales y subtropicales y ventajas potenciales en regiones de clima templado. Las principales conclusiones que emergen de los estudios con muy alto nivel de certidumbre son:

(1) Como se ha señalado, las proyecciones de cambio climático pueden suponer un incremento de inundaciones y sequías, dependiendo de la época del año y de la zona (Alcamo *et al.*, 2003; Barnett *et al.*, 2005; Iglesias *et al.*, 2007b; Iglesias *et al.*, 2009; Rosenzweig *et al.*, 2004).

(2) Una modificación del clima provoca cambios en la disponibilidad de los recursos, en su demanda potencial y en su gestión óptima (EEA 2008; Iglesias *et al.*, 2007a; PESETA 2008). Particularizado para la gestión de recursos hídricos, esto puede suponer que los conflictos de gestión del agua se vean intensificados. Dado el alto grado de aprovechamiento actual, la reserva para usos de naturaleza medioambiental y el escaso margen para incrementar la disponibilidad, será muy difícil mantener todos los usos actuales y es posible que sea necesario reasignar los recursos disponibles a aquellos usos que socialmente se estimen más adecuados. En ese sentido, la alteración en los regímenes hídricos acarrea, por ejemplo, la necesidad de redefinir en el futuro el uso del agua por parte de la agricultura (Vorosmarty *et al.*, 2000).

(3) Con independencia de la combinación de estos efectos en una región determinada, la incertidumbre de las proyecciones o las acciones de adaptación para anticiparse a los cambios, está claro que los gestores de recursos hídricos se van a enfrentar a una planificación y una gestión más complicadas. La incertidumbre de los resultados se derivan de: las proyecciones de cambio económico y social, los modelos utilizados y las políticas de respuesta a los cambios potenciales. La mayor incertidumbre son las proyecciones de crecimiento económico y demográfico que determinan la concentración de gases de efecto invernadero. Las regulaciones políticas, el coste del recurso y las barreras técnicas, económicas y sociales que se puedan presentar en el futuro son imposibles de evaluar. Es más, las medidas de adaptación para la obtención de una gestión óptima en un sector concreto, no necesariamente llevan a un resultado de desarrollo sostenible, por lo que es imprescindible una visión global.

### **3.2. Riesgos y oportunidades en Europa**

Numerosos estudios se han centrado en analizar los impactos potenciales del cambio climático sobre los recursos hídricos en Europa, con muy diferentes enfoques (modelos físicos, análisis econométricos) y con distintas definiciones (sobre impactos, vulnerabilidad, riesgos, adaptación). La mayoría de los estudios se han centrado en asuntos particulares (presiones sobre el agua en la agricultura o los ecosistemas), sobre diferentes escalas temporales (2020s, 2050s y 2100), escenarios (IPCC SRES, 2001) y escalas espaciales (nacionales, globales). Consecuentemente, el conocimiento de los impactos potenciales es diverso y fragmentado. Sin embargo, los impactos proyectados parecen señalar serios retos para muchas actividades que dependen del agua y señalan un incremento de las diferencias regionales en los recursos naturales de Europa. A pesar de la gran variabilidad que existe en los impactos proyectados en cada región de la Unión Europea, hay que señalar que los estudios son consistentes en la dirección del cambio y en distribución espacial de los efectos proyectados. En general en las áreas del norte, muchos sectores de la economía se benefician por el cambio climático, siempre que los extremos proyectados no alcancen situaciones catastróficas. Sin embargo estas oportunidades potenciales sólo serán posibles si se logran satisfacer las necesidades de agua. En muchas de las áreas del centro y sur de Europa la disponibilidad de agua se prevé que disminuya según la mayoría de los escenarios considerados. Además, la alteración de los ciclos de carbono y nitrógeno podría tener implicaciones significativas en la erosión y calidad del agua.

En el Cuadro 3 se han resumido los efectos del cambio climático en los principales determinantes de la gestión de agua junto con las consecuencias sociales y ecológicas esperadas. La mayoría de los estudios coinciden en que el cambio climático tendrá las siguientes consecuencias comunes en Europa (EEA, 2007):

- Aumento de la demanda de agua para la agricultura en todas las regiones debido al aumento esperado de la evapotranspiración de los cultivos en respuesta al incremento de las temperaturas en todas las regiones. (Long *et al.*, 2006).
- Aumento de la escasez de agua, particularmente en los meses de primavera y verano, y por lo tanto, incremento de los requerimientos hídricos del regadío, especialmente en el sur y el sureste de Europa.
- Aumento del deterioro de la calidad del agua debido a las temperaturas más altas del agua y los niveles más bajos de caudal en algunas regiones, particularmente en verano, generando un mayor estrés en las zonas de regadío.
- Aumento del riesgo de inundaciones en invierno debido a la concentración esperada de precipitaciones en este periodo, afectando a importantes áreas en toda Europa. Los principales eventos de inundación experimentados en años recientes (especialmente en 2002 y 2007) demuestran la vulnerabilidad de Europa ante estas situaciones. Además, los incrementos proyectados en los niveles del mar también causarían inundaciones en las zonas costeras.

En Iglesias *et al.*, (2007a) se analizan los riesgos y oportunidades de los cambios del clima, detallados para las distintas zonas de la Unión Europea. En el Cuadro 4 aparece un resumen de los cambios que afectan a los recursos hídricos. La realización de estos cambios potenciales en lugares concretos es mucho más difícil de estimar porque depende en gran parte de la gestión local del recurso.

**Cuadro 3. Efectos del cambio climático en los principales determinantes de la gestión de agua para la agricultura, consecuencias y nivel de impacto esperado**

	<b>Aumentos esperados de efectos negativos</b>	<b>Consecuencias potenciales para los ecosistemas agrarios y las áreas rurales</b>	<b>Nivel de impacto potencial en agricultura</b>
Recursos hídricos	Cambios en los regímenes hidrológicos. Diferencias en las necesidades de agua. Aumento de la escasez de agua.	Variaciones en los regímenes hidrológicos. Reducción en la disponibilidad de agua. Riesgos de pérdida de calidad en el agua. Conflictos entre usuarios. Reducción de la cantidad y calidad de las aguas subterráneas.	Alto
Necesidades del regadío	Alto en áreas ya vulnerables a la escasez de agua	Aumento en la demanda de riego. Disminución de los rendimientos de los cultivos.	Alto
Cambios en la salinidad del agua y el suelo y en la erosión	Alto para los países del sur de Europa	Reducción en la calidad del agua debido al leaching. Reducción de los rendimientos de los cultivos. Abandono del campo. Incremento del riesgo de desertificación. Pérdida de ingresos en el medio rural.	Alto
Usos de la tierra	Depende de la región	Oportunidades de optimizar las condiciones de las explotaciones. Deterioro de los suelos. Pérdida de ingresos en el medio rural. Pérdida de patrimonio cultural. Abandono del campo. Incremento del riesgo de desertificación.	Alto
Incremento del gasto en acciones de emergencia	Alto para regiones con baja capacidad de adaptación	Pérdida de ingresos en el medio rural Desequilibrios económicos.	Medio
Pérdida de biodiversidad	Alto para regiones vulnerables	Pérdida de opciones naturales de adaptación. Modificación de la interacción entre especies.	Medio

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4. Resumen de los riesgos y oportunidades para la gestión de recursos hídricos en distintas zonas agro-climáticas de la Unión Europea (EU-27)**

Descripción	Boreal	Atlántica	Continental	Alpina	Mediterránea
RIESGOS					
Expansión de la superficie agraria con déficit hídrico		M	M	M	A
Aumento de las necesidades de riego		M	A		A
Aumento del riesgo de la sequía y la escasez de agua		A	A	A	A
Aumento del riesgo de inundaciones	A			A	
Deterioro de la calidad del agua	A			A	
Erosión de los suelos, la salinización, la desertificación	A	M	A	A	A
Pérdida de glaciares y permafrost de la alteración	M			A	
Elevación del nivel del mar	A	A			A
OPORTUNIDADES					
Aumento de la disponibilidad de agua	A	A		M	
Aumento del potencial de producción de energía hidroeléctrica	M	M	M		M
Aumento del potencial de producción de alimentos y bio-combustibles	A	M	A		

A=Alto M=Medio B=Bajo

Fuente: Elaboración propia basado en Iglesias *et al.* (2007a).

### 3.3. Impactos sobre los cultivos en la Región Mediterránea

Tal y como se señala en los Cuadros 3 y 4, la sequía y la escasez de agua representan un riesgo potencial importante para la mayoría de las zonas agro-climáticas de la Unión Europea, aunque la distribución espacial de dicho riesgo no es ni mucho menos homogénea, siendo la región Mediterránea la más vulnerable. Las sequías en el Mediterráneo han sido más frecuentes desde 1970 y en particular en España más de 6 millones de personas se vieron afectadas por el importante episodio de sequía de mediados de los años 90, que además tuvo efectos muy severos sobre la economía agraria (CRED, 2005).

Los modelos estadísticos de respuesta de los cultivos a las variaciones climáticas permiten estimar el riesgo asociado a la variabilidad climática. Éste enfoque de funciones de producción y cálculo de elasticidades ha sido ampliamente utilizado para evaluar la sensibilidad y adaptación al clima tanto a nivel global (Parry *et al.*, 2004; Stanger *et al.*, 2008) como para España (Iglesias *et al.*, 2000, Iglesias y Quiroga, 2007, Quiroga e Iglesias, 2009). En los estudios mencionados para España, se han estimado modelos econométricos a partir de datos empíricos o simulados de rendimientos y los efectos de la variabilidad climática sobre los rendimientos agrarios han sido computados.

Los resultados revelan algunos factores climáticos comunes a todas las áreas pero también diferencias significativas. En particular, centrándonos en la región mediterránea, la sequía aparece en general como el factor más importante para explicar la variación del rendimiento en los cultivos de secano. En Quiroga e Iglesias (2009) se señala cómo un año de sequía en la región de Córdoba causa una reducción de rendimiento de aproximadamente 33% en los cereales y 21% en el caso del viñedo. Estos valores son coherentes con otros resultados provenientes de estudios con datos observados a nivel de explotación y datos simulados para cultivos de cereales. Las pseudo-elasticidades calculadas se usan para calcular la prima de riesgo asociada a la sequía-esto es, la cantidad que los agricultores estarían dispuestos a pagar a cambio de evitar el riesgo de sequía.

## 4. Estrategias de adaptación

A pesar de los esfuerzos para el control de las emisiones de gases de efecto invernadero, el sistema climático seguirá ajustándose al incremento en las emisiones que ya ha tenido lugar. La adaptación de los sistemas agrarios forma ya parte de todos los borradores de políticas de sostenibilidad. La mayoría de los programas de medidas planeadas para combatir las crecientes presiones sobre los recursos hídricos, todavía están muy ligadas al lado de la oferta (IPCC-XXVIII, 2008). Sin embargo, la construcción de nuevas reservas en Europa está siendo limitada cada vez más tanto por su alto coste como por las presiones de la regulación medioambiental. En su lugar, otras medidas como la reutilización y desalinización de agua empiezan a tenerse más en cuenta por sus ventajas comparativas.

La adaptación al cambio climático se refiere a la planificación de acciones futuras coordinadas entre los agentes implicados y constituye un desafío para el desarrollo sostenible en la mayoría de los sectores de actividad económica (Burton *et al.*, 2002). El diseño de estrategias efectivas de adaptación al cambio climático en la agricultura tiene como objetivo ayudar a los agricultores y ganaderos a reducir sus efectos. Un plan de adaptación debe incluir estrategias ex-ante y estrategias ex-post. La adaptación ex-ante se basa en la creación de información y el establecimiento de las condiciones normativas, institucionales y de gestión que permiten desarrollar las acciones que deban implementarse en el futuro. Por ejemplo, la investigación y la educación son instrumentos fundamentales para la adaptación ex-ante en cualquier sector. La adaptación ex-post se centra en la adopción de medidas que ayuden a reducir la vulnerabilidad a los riesgos climáticos y/o

aprovechar las oportunidades. Cualquier tipo de estrategia se puede desarrollar en los distintos niveles del sistema productivo: a nivel de explotación agraria y con la participación exclusiva de los agricultores; estrategias de mercado; externalización de los riesgos con la participación del sector público y privado; y por último, instrumentos de ayuda pública, especialmente ante situaciones de catástrofe.

La Comisión Europea ha publicado en 2009 el Libro Blanco Adaptación al Cambio Climático en Europa: Opciones de actuación para la UE (COM (2009) 387/2 2009), donde expone las líneas de acción relativas a la adaptación para los próximos años. Las actuaciones destinadas a atenuar el cambio climático (mitigación) se deben complementar, pero no sustituir, con medidas de adaptación que permitan hacer frente a los efectos.

El Libro Blanco no pretende proporcionar un inventario detallado de las medidas de adaptación disponibles para cada sector o región, optando por definir tres categorías generales que agrupan todo el conjunto de medidas. Éstas son: (i) Medidas "grises" orientadas a la inversión en infraestructuras, (ii) Medidas "verdes" estructurales, orientadas a evitar pérdida de biodiversidad o degradación de ecosistemas; y (iii) Medidas "suaves" no estructurales, que corresponden al diseño y aplicación de políticas, procedimientos, etc., orientados a prevenir la vulnerabilidad frente a los desastres. Éstas últimas medidas son las que requieren una mayor atención a los sistemas sociales subyacentes. Entre ellas se incluyen instrumentos económicos tan importantes como los seguros, que pueden desempeñar un papel crítico para algunos sectores, principalmente para la agricultura. También dentro de este conjunto de medidas se encuentran las relacionadas con la fijación de precios y el establecimiento de mercados medioambientales que ayuden a interiorizar las externalidades en las estructuras de mercado de las actividades económicas. Este tipo de medidas podrían ser muy importantes para la adaptación dentro del contexto de algunos recursos naturales sensibles al clima, especialmente en el caso de los recursos hídricos.

A pesar de que los efectos previstos del cambio climático sobre los recursos hídricos son muy significativos, los efectos de las políticas públicas de gestión de recursos hídricos pueden ser comparativamente mucho mayores, por lo que la competencia entre sectores y objetivos es crucial a la hora de gestionar un amortiguamiento de los efectos adversos previstos en las distintas actividades.

## 5. Conclusiones

A pesar del progreso de la comunidad internacional hacia la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (políticas de mitigación), el sistema climático continuará su ajuste a las emisiones actuales durante las próximas décadas, con efectos inevitables en los sistemas naturales o intervenidos por el hombre. El reto es prepararse para las condiciones cambiantes, responder a ellas o recuperarse de los impactos (políticas de adaptación). Tomando en cuenta el estado actual del conocimiento, en Europa, todos los estudios sugieren posibles beneficios para los países del norte, riesgos para los países del sur, grandes aumentos de la demanda de agua en todos los casos, con posibilidades limitadas de adaptación.

A través de la historia la sociedad ha demostrado su capacidad de adaptación a cambios en tecnología, disponibilidad de recursos y cambios en la demanda de agua. Sin embargo, la capacidad de respuesta depende de limitaciones en infraestructura, disponibilidad de recursos y regulaciones. La mayor parte de la sociedad en la Unión Europea se puede adaptar potencialmente al cambio climático, teniendo en cuenta los avances científicos y tecnológicos y el nivel de desarrollo; sin embargo no todas las regiones tienen el mismo potencial de adaptación. Las regulaciones medioambientales en principio pueden ayudar a compensar los efectos adversos o potenciar los beneficiosos. Sin embargo también pueden limitar las opciones de respuesta ya que restringen la libertad en su diseño.

## 6. Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de la red temática ECORIEGO y la financiación del proyecto ARCO del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

## Referencias bibliográficas

- Alcamo J., Doll P., Heinrichs T., Kaspar F., Lehner B., Rösch T. y Siebert S. (2003). "Global estimates of water withdrawals and availability under current and future business-as-usual conditions". *Hydrological Sciences Journal*, 48, 339-348.
- Barnett T.P., Adam J.C. y Lettenmaier D.P. (2005). "Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions". *Nature*, 438, 303-309.
- Burton I., Huq S., Lim B., Pilifosova O. y Schipper E.L. (2002). "From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy". *Climate Policy*, 2, 145-159.
- CIRCE (2008). Climate Change and Impact Research: *The Mediterranean Environment*. <http://www.circeproject.eu/> (visitado el 22 Nov 2008).
- COM (2009). European Commission, 387/2 2009. *Libro Blanco de la adaptación al cambio climático en Europa: opciones de actuación para la UE*.
- CRED, Center for Research on the Epidemiology of Disasters (2005) University of Louvain and the United Nations Department of Humanitarian Affairs. *International Disasters Data Base (EM-DAT)* <http://www.cred.be> (last visited 22 Nov 2008).
- EEA (2007). "Climate change and water adaptation issues". *EEA Technical Report* No. 2/2007, 110 pp.
- EEA (2008). *Impacts of climate change in Europe: An indicator based report*.
- Fankhauser S., Tol R.S.J. (2005). "On Climate Change and Economic Growth". *Resource and Energy Economics*, 27, 1-17.
- FAO (2008) *FAOSTAT*. <http://www.fao.org> (last visited 22 Nov 2008).
- Iglesias A., Avis K., Benzie M., Fisher P., Harley M., Hodgson N., Horrocks L., Moneo M. y Webb J. (2007a). "Adaptation to Climate Change in the Agricultural

Sector". AGRI-2006-G4-05. *Report to European Commission Directorate -General for Agriculture and Rural Development*. ED05334. Issue Number 1. December 2007. AGRI/2006-G4-05.

- Iglesias A., Cancelliere A., Cubillo F., Garrote L. y Wilhite D.A. (2009). *Coping with drought risk in agriculture and water supply systems: Drought management and policy development in the Mediterranean*. Springer, The Netherlands.
- Iglesias A., Garrote L., Flores F. y Moneo M. (2007b). "Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean". *Water Resources Management*, 21(5), 227-288.
- Iglesias A. y Quiroga S. (2007). "Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain". *Climate Research*, 34, 47-57.
- Iglesias A., Rosenzweig C. y Pereira D. (2000). "Agricultural impacts of climate in Spain: developing tools for a spatial analysis". *Global Environmental Change*, 10, 69-80.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC SRES, (2001). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*. [N. Nakicenovic and R. Swart (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC-XXVIII (2008) *Technical paper on climate change and water*. IPCC 28th session, Doc. 13. Budapest, abril 2008.
- Kerr, Richard A. (2005). "Millennium's Hottest Decade Retains its Title, for Now", *Science* 307, 11 February.
- Long S., Ainsworth E.A., Leakey A.D.B., Nösberger J. y Ort D.R. (2006). "Food for Thought: Lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO<sub>2</sub> concentrations". *Science* 312: 1918-1921.

- Parry M.L., Rosenzweig C., Iglesias A., Livermore M. y Fischer G. (2004). "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios". *Global Environmental Change*, 14(1), 53-67.
- PESETA (2008). Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis. <http://peseta.jrc.ec.europa.eu> (última visita 22 Nov 2008).
- PRUDENCE (2008). Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects. <http://prudence.dmi.dk/> (última visita 22 Nov 2008).
- Quiroga S. y Iglesias A. (2007). "Projections of economic impacts of climate change in agriculture in Europe". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(14), 65-82.
- Quiroga S. y Iglesias A. (2009). "A comparison of the climate risks of cereal, citrus, grapevine and olive production in Spain". *Agricultural Systems*. In press.
- Rosenzweig C., Karoly D., Vicarelli M., Neofotis P., Wu Q., Casassa G., Menzel A., Root T.L., Estrella N., Seguin B., Tryjanowski P., Liu C., Rawlins S. e Imeson A. (2008). "Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change". *Nature* 453, 353-357.
- Rosenzweig C., Strzepek K., Major D., Iglesias A., Yates D., Holt A. y Hillel D. (2004). "Water availability for agriculture under climate change: Five international studies". *Global Environmental Change*, 14, 345-360.
- Schär C., Vidale P.L., Lüthli D., Frei C., Häberli C., Liniger M.A. y Appenzeller C. (2004). "The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves". *Nature*, 427, 332-336.
- Stanger, T.F., Lauer, J.G., y Chavas, J.P., (2008). "The profitability and risk of Long-term cropping systems featuring different rotations and Nitrogen rates". *Agronomy Journal*, 100, 105-113.

- Stern N., Peters S., Bakhshi V., Bowen A., Cameron C., Catovsky S., Crane D., Cruickshank S., Dietz S., Edmonson N., Garbett S.L., Hamid L., Hoffman G., Ingram D., Jones B., Patmore N., Radcliffe H., Sathiyarajah R., Stock M., Taylor C., Vernon T., Wanjie H. y Zenghelis D. (2006). *Stern Review: The Economics of Climate Change*, HM Treasury, London.
- UNFCCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/INFORMAL/84. GE.05-62220 (E) 200705.
- Vorosmarty C., Green P., Salisbury J. y Lammers R.B. (2000). "Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth". *Science*, 289, 284-288.



# Agua virtual y huella hidrológica

*Ignacio Cazcarro, Rosa Duarte y Julio Sánchez Chóliz*

## 1. Introducción

El principal objetivo de este capítulo es acercarse a los conceptos de Agua Virtual (AV) y Huella Hidrológica (HH), explicando los principales estudios que se han realizado para España, y sus diferencias en metodologías y resultados.

Probablemente muchos estaríamos de acuerdo en que se dan valores positivos en los trabajos sobre el agua con propuestas en torno a mejoras en la eficiencia productiva y la gestión de la demanda que permitan rebajar la presión sobre el recurso (Aguilera, 1993; Naredo, 2006). En esta misma línea también pueden enmarcarse las investigaciones basadas en el concepto de AV, que podemos definir, siguiendo los trabajos sobre comercio y respuestas políticas a la escasez de agua de Allan (1994, 1996), como el agua contenida en un producto, entendiendo por tal la cantidad de agua que ha sido necesario utilizar para generarlo. Por su parte, la HH de un individuo, empresa o país, se define como el total de agua usada para producir los bienes y servicios consumidos por éste a lo largo de un año. Este último concepto se desarrolló de manera similar a la huella ecológica de una población, un indicador de sostenibilidad de gran difusión, que se define como el área productiva de los ecosistemas de la tierra necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos generados (Wackernagel y Rees, 1996; Wackernagel *et al.*, 1997).

La Huella Hidrológica se compone de la HH interna, esto es la cantidad de agua del país usada para producir los bienes y servicios que consumen sus ciudadanos; y la HH externa, o volumen de agua usada por otros países para producir los productos importados y consumidos en el país objeto de estudio. La suma de todas ellas, resulta ser la HH mundial. De esta forma se evidencia cómo el comercio internacional de productos básicos implica flujos de agua, y por eso el AV puede evaluarse, siguiendo a Chapagain y Hoekstra (2004), tomando el uso de los recursos hídricos nacionales, más el flujo de AV neta (importada-exportada).

En este capítulo combinamos un resumen con una discusión acerca de los conceptos de AV y HH en general, con el estudio particular para España sobre el uso de agua interior, así como la importación y exportación de AV.

En este mismo sentido conviene destacar la importancia del análisis preciso en la estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos o la precipitación efectiva, para dar lugar a la estimación del agua azul (agua captada de las fuentes subterráneas o superficiales, la que normalmente se estudia al tratar la gestión política del recurso) y del agua verde (procedente de las precipitaciones almacenada en la parte no saturada del suelo y que posteriormente está a disposición de los cultivos presente sobre el terreno). Por su parte el contenido de agua gris de un producto se define como el volumen de agua que resulta contaminada durante su producción.

También parece lógico que hablemos de las transferencias de agua que se realizan en el interior del país, es decir, el que se produce entre actividades de la economía mediante las compras, ventas y transformación de los productos, procesos que cabe analizar a través del concepto del Input-Output (I-O). Por ello también explicamos las posibilidades de esta metodología para analizar el comercio de AV.

Avanzando las conclusiones, cabe destacar la importancia de distinguir entre el cálculo de agua utilizada en secano y regadío, por tanto de agua verde y azul, a la hora de estimar las cantidades de AV. Las cantidades consumidas de agua verde y azul son similares en España a pesar de que la superficie de secano es seis veces mayor a la de regadío en nuestro país. En las exportaciones se incorpora un alto porcentaje de agua azul, mientras que en las importaciones, procedentes principalmente de países como el Reino Unido, Holanda o Bélgica, donde entre otras peculiaridades se dan mayores precipitaciones, el porcentaje de agua verde incorporado es mayor. Finalmente, debe destacarse que España es un país importador neto de AV.

## 2. Problemática del tema analizado

### 2.1. Utilización de los conceptos de AV y HH

Como es bien conocido, el sistema agroalimentario es el mayor usuario de agua en la mayoría de los países áridos o semi-áridos, y por tanto su comercio es el que más AV incorpora. En general, la actividad agrícola, la mayor actividad usuaria de agua de forma directa, no se sirve únicamente del agua de lluvia, sino que en España la mitad de la producción procede del regadío (agua azul). España puede clasificarse entre los países áridos o semi-áridos, y en ellos, la gestión de los recursos hídricos no suele estar exenta de disputas (Llamas, 2005), planteándose cada vez más el adecuar las necesidades productivas a las demandas, o a las regiones donde mejor uso del agua puede hacerse, atendiendo a los impactos hidrológicos.

Por un lado, podría pensarse que el análisis de exportaciones e importaciones de AV serviría únicamente para conocer cómo se reubica la HH entre países. Pero las condiciones climáticas y la eficiencia agraria no son similares en todos ellos, por lo que puede pensarse que la huella puede cambiar dependiendo de dónde se produzca, de si dicha producción se obtiene con agua verde o azul, o bajo qué sistemas de riego y tecnologías en la economía se produce. Parece lógico que estudios desde una perspectiva global como el que se basan en los conceptos de AV y HH den lugar a respuestas sobre políticas de producción e importación de alimentos menos guiadas por intereses comerciales de los países exportadores, y más por la seguridad alimentaria e hidrológica, al objeto de evitar casos como nuestra contribución indirecta en la desecación del Mar de Aral por consumo de fibra de algodón (Chapagain *et al.*, 2006).

Los primeros y más numerosos trabajos inspirados en los atractivos conceptos del AV y la HH se han realizado por la Water Footprint Network (Hoekstra y Hung, 2002 y 2007; Chapagain y Hoekstra, 2004). Se tratan de informes detallados de la HH (en m<sup>3</sup>/per cápita/año), distinguiendo patrones de consumo de los países. A partir del primer trabajo seminal de Hoekstra y Hung (2002) se empezaron a realizar estudios cuyo objeto han sido los flujos globales de AV: Chapagain y Hoekstra (2003), Zimmer y Renault (2003), Oki *et al.*, (2003) o de Fraiture *et al.*, (2004)<sup>1</sup>. De hecho, son muchas las conferencias, textos y

---

<sup>1</sup> Todas ellas pueden encontrarse en la página web de la Water Footprint Network-Publications (<http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>).

aplicaciones creados en línea con los artículos académicos al estilo Yang y Zehnder (2002) o Allan (2003), en los que se enfatiza la necesidad de considerar el AV con el propósito de lograr la seguridad hídrica y alimentaria en regiones áridas y semiáridas.

España podría considerarse en este de grupo de regiones, y por ello es lógico que haya ido surgiendo una amplia literatura acerca de tales consideraciones. En Llamas (2005) se comentan los resultados obtenidos para España por Hoekstra y Hung (2002), y se explican las distinciones entre "colores del agua" (azul, verde y gris). Posteriormente, Aldaya y Llamas (2008) han evaluado la HH en la cuenca del Guadiana, mientras que Rodríguez Casado *et al.*, (2008) ha hecho lo propio para el conjunto de España, distinguiendo en el cálculo el cómputo de agua azul y verde. En esta misma línea Novo *et al.*, (2008 y 2009) han mostrado el cuantioso volumen de AV importada por España a través del comercio internacional de cereales. También Chapagain y Orr (2009) han evaluado el agua incorporada (azul y verde) en el tomate en España, ahondando en la metodología de la HH como ayuda para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y la huella ecológica.

## 2.2. Utilización del enfoque Input-Output

En lo que se refiere al análisis I-O, la idea de relacionar las cuentas económicas con el sistema natural y el medio ambiente tiene precedentes en los trabajos de Daly (1968), Isard (1969) o Ayres y Kneese (1969). Lofting y McGauhey (1968) es el primer trabajo que integra las necesidades de agua como input en un modelo Input-Output tradicional, esto es, introduciendo el agua como factor productivo en una cuenta más en el marco I-O. En España esta relación se introdujo por primera vez para estudiar la contaminación atmosférica, (Pajuelo, 1980), mientras que el primer estudio aplicando Input-Output al agua fue el de Sánchez-Chóliz *et al.*, (1992), trabajo en el que calcularon los denominados "valores agua" para Aragón. Estos valores, análogamente a los que tradicionalmente en economía se han utilizado para expresar la producción en horas de trabajo, expresan la intensidad de agua utilizada, en volumen de agua usada por unidad de producción (en unidades monetarias o físicas dependiendo de cómo se exprese esta producción en la tabla I-O). Esta relación puede expresarse en términos directos, lo cual se puede calcular sin necesidad de las tablas I-O teniendo los datos de volumen y producción. Pero lo que el análisis I-O permite es recoger las relaciones entre sectores productivos, de modo que se puede estimar el agua incorporada a lo largo del proceso productivo. Así por ejemplo, tomando un modelo de Leontief abierto (en una economía abierta), se suele considerar como cuentas

exógenas la de hogares y la del sector exterior (se considera que el agua irá incorporada a los productos/actividades que venden finalmente a los hogares o a otros países), de modo que los valores agua serán:

$$\Lambda'_k = (\lambda_{ki})' = \mathbf{w}'_k (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad [1]$$

donde  $k$  se refiere a uno de los tipos del recurso agua (uso directo o consumo físico),  $w_k$  a los vectores de coeficientes unitarios directos (el uso o consumo físico por euro de producción);  $A$  es la matriz de coeficientes técnicos del modelo (dividiendo cada elemento de una columna de la Tabla I-O por el total de la columna), e  $I$  la matriz Identidad. Estos valores capturan toda el agua incorporada, directa o indirectamente, por unidad de demanda. Así,  $\lambda_i$  es el agua usada para obtener una unidad neta del bien  $i$  de las cuentas exógenas.

Con este mismo enfoque metodológico, Bielsa (1998) estudió el consumo de agua y la participación de dicho recurso en el entramado productivo, y Duarte (1999) los valores de contaminación hídrica, aspectos que se completaron para Aragón en Duarte *et al.*, (2002) y Duarte *et al.*, (2008). En Sáenz de Miera (1998) se plantea el modelo de precios y cantidades para estudiar el consumo de agua en Andalucía, región en la que también se centran los trabajos de Velázquez (2006) y Dietzenbacher y Velázquez (2007), en los que se hace uso del concepto de AV, como veremos en el siguiente apartado.

### 3. Resultados más relevantes de la revisión de la literatura

Incluyendo agua verde y azul, para Naciones Unidas (United Nations, 2003:202) el volumen mundial de agua utilizado para producir alimentos es 6.000 km<sup>3</sup>/año. Por su parte, Zimmer y Renault (2003) cifraron esta cantidad en 5.200 km<sup>3</sup> anuales. En los trabajos citados (Hoekstra y Hung, 2002; Chapagain y Hoekstra, 2004), la HH mundial global se estimó, incluyendo también el uso urbano e industrial, en 7.450 km<sup>3</sup>/año, o equivalentemente, 1.240 m<sup>3</sup>/cap/año, calculados como media de los período 1997-2001. De ellos, serían agua verde 5.330 km<sup>3</sup>/año, mientras que 2.120 km<sup>3</sup>/año serían azul-gris (Hoekstra y Chapagain, 2007), considerando conservadoras sus estimaciones de apropiación humana de agua, en comparación con las que habían realizado Postel *et al.*, (1996). Estos últimos autores, habían estimado el agua verde en 18.200 km<sup>3</sup>/año, ya que incluían la apropiación humana de los bosques, y el agua azul en 4.430 km<sup>3</sup>/año.

Sin destacar las grandes huellas absolutas en estos trabajos de países muy poblados como China o la India, en términos relativos son los estadounidenses los que resultan tener mayor incidencia en el volumen de recursos utilizados (HH de 2.480 m<sup>3</sup>/año por persona), seguido de los ciudadanos del sur de Europa, como griegos, italianos y españoles (2.300-2.400 m<sup>3</sup>/cap/año). Así, se observa que en general son países desarrollados los que suelen estar a la cabeza en volumen per cápita de agua utilizada, en la medida que tienen mayor consumo de productos, especialmente industriales. De hecho, Chapagain y Hoekstra (2004: 59-62), evidencian la existencia de una correlación positiva entre huella hidrológica y Producto Interior Bruto per cápita. A pesar de ello, se prueba cómo la HH per cápita en países muy desarrollados como Holanda, Reino Unido, Dinamarca o Australia es menor de 1.500 m<sup>3</sup>/año, incluyendo en esa cantidad la HH externa, que en el caso de los tres primeros países es muy elevada. La anterior circunstancia muestra cómo además del nivel de renta, otros muchos factores como el clima, los hábitos alimenticios, la especialización productiva y comercial tienen igualmente gran importancia. Así, si para determinar la HH interna es importante tener en cuenta el clima que condiciona la evapotranspiración, la especialización productiva y el uso que se hace del agua en el país, así como la contribución del comercio internacional en términos de AV (la exportación del país de productos que incorporan cantidades de agua virtual menos la necesidades de importación de productos alimenticios y otros bienes que también indican en la huella externa del país). Esta última circunstancia explica cómo países como el Reino Unido, Holanda o Jordania la HH externa se mayor que la HH interna (Chapagain y Hoekstra, 2004: Apéndice XX, Hoekstra y Chapagain, 2008).

En este sentido, en los países citados en los que los volúmenes utilizados son elevados, el consumo de carne (producto con elevadas cantidades de AV) es considerable (están entre los 40 mayores consumidores de kg de carne per cápita según las estadísticas de la FAO, FAOSTAT, 2004), y podría argumentarse que es el motivo de su elevada HH. Sin embargo, el consumo de carne per cápita de los países del segundo grupo, con baja huella hidrológica, es igual o más elevado (especialmente el de Dinamarca), motivo por el cual la correlación entre consumo de carne y huella hidrológica no es del todo clara. Por tanto, en países mediterráneos como Portugal, Italia, España o Grecia, sus elevadas HH se explicarían también de forma conjunta por su clima (mayores tasas de evapotranspiración) o su especialización agraria (no tan guiada por la escasez como por otras consideraciones como la rentabilidad), unida a una importación neta de agua virtual (insumos para la producción de carne).

Además de los relacionados con la HH en los diferentes países, han aparecido recientemente trabajos sobre productos específicos (Chapagain y Hoekstra, 2007; Chapagain y Orr, 2009). Tales resultados han sido utilizados normalmente con intención de resaltar la importancia que tienen los estilos de vida en el impacto sobre los recursos hidrológicos. En este sentido destacan datos como los 15.000 litros de AV contenidos en un kilo de carne de vaca<sup>2</sup>, 8.000 litros en un par de zapatos de piel, 4.100 litros en una camiseta de algodón, o 10 litros en una simple hoja de papel A4. Por tanto, calculando el AV que supone la producción de los productos básicos consumidos, se afirma que cada individuo gasta 2.000-5.000 litros por día, con una gran variación dependiendo de la dieta.

### 3.1. Huella hidrológica en España y agua virtual

Siguiendo la línea comenzada en Hoekstra y Hung (2002), en Chapagain y Hoekstra (2004) se estimaron las necesidades de agua para una gran muestra de países en el mundo. Las necesidades totales de agua en España se estimaron en 94 km<sup>3</sup>/año, o lo que es lo mismo, 2.300 m<sup>3</sup>/cap/año. Este valor tan elevado, se obtuvo a partir del cálculo del consumo agrícola de unos 50 km<sup>3</sup>/año, que sumado a la importación neta de productos agrícolas incorporando 10 km<sup>3</sup>/año, resultaba en una HH de la agricultura española de 60 km<sup>3</sup>/año.

No obstante, debe tenerse en cuenta que en estos cálculos no se hace distinción entre agua verde y azul, de modo que se consideraban plenamente satisfechas las necesidades hídricas de todos los cultivos, fuesen de secano o de regadío. Este supuesto está alejado de la realidad española, donde la aridez del secano hace que cultivos como la cebada, el trigo o el olivar no vean cubiertas sus necesidades. Tal circunstancia provoca que las estimaciones anteriores estén seriamente sesgadas al alza. Esta deficiencia ha sido corregida en trabajos posteriores, más concretamente por Rodríguez Casado *et al.*, (2008). Estos autores, teniendo en cuenta que las demandas hídricas en el secano no siempre tienen por qué satisfacerse en un 100%, cifran el consumo agrario de AV entre 25 y 28 km<sup>3</sup>/año, dependiendo de si el año es seco, normal o húmedo. Así, la HH de la

---

<sup>2</sup> Cálculos que parten de que en un sistema de producción de vacuno industrial, se tarda en promedio 3 años en sacrificar el animal, para producir unos 200 kg de carne de vacuno deshuesada. En ese tiempo consume 1.300 kg de grano (trigo, avena, cebada, maíz, guisantes secos,...), 7.200 kg de fibra (pastos, heno seco, ensilaje,...), 24 metros cúbicos de agua para beber y 7 más para la prestación de servicios. Así, para producir un kilo de carne se utilizan unos 6,5 kg de grano, 36 kg de pasto y un total de 155 litros de agua. Esto significa que producir un kilogramo de carne de vacuno deshuesada, requiere aproximadamente los 15.000 litros referidos.

agricultura española, considerando las importaciones netas de 10-15 km<sup>3</sup>/año, se encontraría entre los 35 y 43 km<sup>3</sup>/año, y la total española entre 45 y 49 km<sup>3</sup>/año dependiendo del año, o lo que es equivalente, entre 1.050 y 1.200 m<sup>3</sup>/cap/año. En este trabajo, como en el realizado para la cuenca del Guadiana por Aldaya y Llamas (2008), se muestra un mayor uso de agua azul que de verde, a pesar de ser muy superior la superficie de secano a la de regadío.

En general, en los anteriores trabajos se estima que en torno al 80% del AV corresponde a productos agrarios, por tan sólo el 15% a los bienes industriales, y el 5% a los usos domésticos. Estos porcentajes evidencian, como se afirmó anteriormente, en qué medida el sector agroalimentario es relevante a la hora de analizar el AV. En estos mismos estudios también se evidencia cómo el agua importada en las actividades agrarias es algo más de vez y media el agua exportada, y que más de la mitad de los recursos hídricos necesarios para producir los bienes y servicios consumidos en España proceden de otros países.

Estas cifras totales son de órdenes similares a los resultados que obtenemos con la metodología I-O, al incorporar los balances de los flujos de agua continental entre la economía y el medio ambiente por actividades económicas. El estudio parte de la estructura económica que se refleja en las Tablas I-O para abrir los sectores agroalimentarios, en las mismas partidas que Titos *et al.*, (1995), que es un referente fundamental para este trabajo. Ello resulta en la apertura de 10 productos agrarios, 16 de industrias agroalimentarias, 8 de comercio agrario y 4 de hostelería y restauración. La cumplimentación de esta apertura de la tabla requiere información de fuentes estadísticas agrarias (la RECAN del MAPA para el 2004), agroalimentarias (Anuario de Estadística Agroalimentaria, Alimarket,...), de servicios (encuesta anual), de comercio, de presupuestos familiares, de gasto turístico (Egatur), etc. Para más detalle de la construcción de esta tabla I-O abierta podrá consultarse Cazcarro *et al.*, (2009).

Con este método I-O atribuimos a la actividad de la industria agroalimentaria el agua de los alimentos que ésta transforma y vende como producto final. Por ello, en Cazcarro *et al.*, (2009) se obtiene un alto contenido de AV incorporada en las actividades industriales y un menor contenido de AV en actividades agrarias. De este modo, si para ese año 2004 (medio-seco en cuanto a precipitaciones) el agua utilizada directamente por la industria agroalimentaria fue de 0,1 km<sup>3</sup>, obtenemos que la industria cárnica incorpora en su producción vendida a los hogares o exportada 4 km<sup>3</sup> de AV, y que otras subactividades agroalimentarias como las industrias lácteas, o las industrias de aceites y grasas, incor-

poran casi 2 km<sup>3</sup> de AV en cada una. Por su parte, las actividades agrarias, a pesar de superar los 20 km<sup>3</sup> en uso directo de agua azul, no incorporan más que 10 km<sup>3</sup> de AV en la producción que directamente exportan o venden a los consumidores.

Fijándonos en el comercio exterior, obtenemos una exportación española de 12 km<sup>3</sup> de agua azul, donde el agua incorporada estaría principalmente en los productos agrarios, agroalimentarios (aceites y grasas, cárnicas y lácteas) y productos energéticos, y de 18 km<sup>3</sup> incluyendo también agua verde. En todo caso, debe notarse que estas cifras oscilan dependiendo de la agregación con la que se calculen dichas exportaciones (X). En lo que se refiere a la importación (M) de AV, la calculamos a partir de las Tablas I-O de los principales países de los que España importa productos (tablas de la OCDE, para el año 2005 de Alemania, Francia, Italia, China, Japón, Países Bajos, Estados Unidos, Portugal, para el año 2004 de Italia, Gran Bretaña, etc.) y los datos de Aquastat de la FAO sobre sus usos. Las primeras estimaciones realizadas nos llevan a la cifra de 26 km<sup>3</sup> de agua incorporada en las importaciones. La importación de AV incorporada en los productos agrarios se muestra superior a la exportación, pero también se importa AV de forma neta en productos de la industria agroalimentaria y por otros sectores como el de textiles, cuero y calzado.

A continuación en el Cuadro 1 ponemos en orden algunas de las cuantías citadas anteriormente.

**Cuadro 1. Comparación del uso de agua, AV y HH de diferentes trabajos para España**

		Uso directo de recursos hídricos (km <sup>3</sup> /año)			Comercio AV (km <sup>3</sup> /año)		Huella Hidrológica (km <sup>3</sup> /año)				
Estudios	Años	Uso			X	M	Total	Interna	Externa	Poblac. (10 <sup>6</sup> )	Per cápita
		Urbano	Industr.	Agricul.							
Cazcarro <i>et al.</i> , (2009)	2004	4,9*	7,8**	33,5**	12,4-16,6	26,0	55,6-59,8	26,9-33,8	26,0	43,2	1,3 x 10 <sup>6</sup>
Rodríguez <i>et al.</i> , (2008)	2001	4,8*	5,8	27,0	15,1***	25,1***	47,7	20,0	27,8	41,1	1,2 x 10 <sup>6</sup>
Chapagain y Hoekstra (2004)	1997- 2001	4,2	5,6	50,6	31	45	94	60,4	33,6	40,4	2,3 x 10 <sup>6</sup>

\* INE (2003-2008), para los años 2004 y 2001 respectivamente.

\*\* Se trata del uso directo, esto es antes de considerar los valores agua, y por tanto de exportación o importación.

\*\*\* Se refiere a la exportación agrícola y ganadera, de modo que el uso industrial será neto de importaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Pasando al análisis del uso del agua por comunidades autónomas, en Rodríguez Casado *et al.*, (2008) se destacan como las mayores consumidoras de agua en la agricultura: Andalucía (6.967 hm<sup>3</sup>), Castilla y León (4.331 hm<sup>3</sup>) y Castilla-La Mancha (3.910 hm<sup>3</sup>), siendo en estas dos últimas mayor el consumo de agua verde que de agua azul. La primera, como la C. Valenciana, Murcia o Extremadura consumen mayor cantidad de agua azul, dada la mayor importancia relativa de sus agriculturas de regadío (arroz, maíz, hortalizas y cultivos industriales).

Por otro lado, siguiendo los cálculos iniciados por Sánchez-Chóliz *et al.*, (1992), quienes obtuvieron unos valores agua de 0,01 (ptas/litro) para la agricultura y para la industria cárnica (por cada hm<sup>3</sup> de agua asignado a la agricultura aragonesa se obtenía una producción por valor de 10 millones de pesetas), se han sucedido trabajos con esa metodología, en los que se realizan análisis similares con varias cuentas del agua procedentes de los datos que ofrecen las Cuentas Satélite del Agua (Instituto Nacional de Estadística, INE). Duarte *et al.*, (2008) presentan análisis alternativos para los diferentes usos. Así por ejemplo, la actividad de la "Agricultura, selvicultura y acuicultura" aragonesa, por cada euro de producción total que logra en 1999, realiza captaciones de agua de 2,61 metros cúbicos. Asimismo, su uso, que es igual a la suma del consumo físico de agua, retornos y agua residual, es de 2,55 m<sup>3</sup>/euro de producción, mientras que su estricto consumo físico, es de 1,78 m<sup>3</sup>/euro.

En esa misma línea de estudio, Velázquez (2006) analiza conjuntamente la capacidad productiva de una economía y el consumo de recursos hídricos, incluyendo el consumo en un modelo de producción. Distingue dentro del sector agrícola diversos cultivos para el cálculo del AV importada/exportada, al objeto de detectar consumos sostenibles en Andalucía. En el análisis de la exportación de agua virtual para Andalucía de Dietzenbacher y Velázquez (2007), se concluye que la exportación de agua virtual en esa región es más del doble que la importada. Por lo tanto, obtienen para esta región que el flujo de agua neto con el exterior (con otros países y con el resto de España) es contrario al que veíamos para el conjunto de España con otros países. Esta región donde se da un consumo de agua azul manifiestamente superior al de agua verde, a pesar de la importaciones netas de cereales, exporta netamente frutas, hortalizas y productos transformados. Siguiendo ese trabajo, Madrid (2008) destaca la importancia para esta región de la exportación de productos hortofrutícolas frescos (2.400 toneladas en 2004), y en especial el tomate, el producto del que, entre las frutas y verduras consideradas en el estudio, más toneladas se producen y que más contribuye (13%) a esa exportación de AV. Asimismo,

mo, Flores (2008) concluye que Aragón es también una región exportadora neta de agua azul (donde esta se utiliza en mayor porcentaje respecto al agua verde que en otras regiones), importando algo menos de 800 hm<sup>3</sup>, y exportando el doble. En dicha región, además de actividades como la ganadería, los productos cárnicos transformados y otras preparaciones alimenticias diversas, tienen importancia en la exportación neta otras actividades como las del papel y cartón.

En todo caso parece que la utilidad del análisis I-O debería en este punto proporcionar las interrelaciones entre actividades económicas, en especial de las agrarias, para proporcionar estimaciones del AV incorporada en los productos que se venden al consumidor final (alimentarios, textiles, papel,...), para posteriormente poder estimar el AV neta exportada. Velázquez (2006) y Dietzenbacher y Velázquez (2007) examinan estas interacciones para seis grandes grupos agrícolas en Andalucía utilizando las estadísticas de uso de agua del INE. Cazcarro *et al.*, (2008) hacen lo propio distinguiendo el seco y 31 productos agrícolas de regadío en la provincia de Huesca<sup>3</sup>. Cuando esta desagregación de la tabla se realiza, quedan reflejadas las compras y ventas entre todas actividades de la economía, pudiéndose ver los intercambios de bienes, y por tanto de agua, entre las actividades agrarias, y entre estas y el resto. Por tanto a nivel de producto se obtienen los volúmenes de agua utilizada procedentes del cálculo de requerimientos hídricos (como es habitual siguiendo a Allen *et al.*, 1998), datos climáticos<sup>4</sup>, y estimaciones sobre producción, transformación y comercio. Se observa que la exportación neta de agua virtual en la provincia se realiza a través de productos finales de las actividades agrarias (52%), especialmente alfalfa y porcino, y los productos de la industria agroalimentaria (43%), a pesar de la importancia de importaciones de maíz, cítricos o bovino.

Asimismo, como resultado secundario por comparación entre los requerimientos de los cultivos y el agua distribuida en alta, se estima un valor de eficiencia para la agricultura de la provincia de 0,65.

---

<sup>3</sup> Gracias a la información del Anuario de Estadística Agroalimentaria de Aragón y la RECAN del MAPA (2004; datos de 2002), y los requerimientos hídricos de cada comarca de la provincia de Martínez Cob *et al.*, (1998).

<sup>4</sup> En la mayoría de los estudios sobre gran cantidad de países en el mundo se calculan con el programa CROPWAT que facilita la FAO los requerimientos hídricos y precipitaciones efectivas (con la opción USDA Soil Conservation Service), a partir de datos climáticos de la misma fuente, CLIMWAT. En los análisis a nivel nacional o local, no es tan laborioso introducir información específica (Agencia Estatal de Meteorología,...).

Una de las ideas fuerza que destacan en este tipo de trabajos es el reparto de responsabilidades en la demanda, cuando se observan los sectores destino final de los productos que han requerido grandes cantidades de agua para su producción. En este sentido, se puede observar cómo el uso de AV interior de la industria agroalimentaria (procedente de productos como las plantas oleaginosas o los cereales que son los que más agua incorporan por euro de producción) es 387 veces el uso directo. Este resultado se explica en gran medida por el bajo uso directo de esta industria (menos de 1,5 hm<sup>3</sup> en el caso de Huesca), circunstancia que contrasta enormemente con el de las industrias en general, tal y como se evidencia en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Usos directos y valor en agua virtual de la demanda final en la provincia de Huesca (hm<sup>3</sup> y %)**

Sectores	Uso interior directo (a)	Agua Virtual (AV) interior de su demanda (b)	(b)/(a)	Agua virtual total de su demanda (AV interior+AV importada)
Agroalimentaria	1,47	567,88	387	795,05
Industria sin agroalimentaria	110,84	85,78	0,77	144,82

Fuente: Elaboración propia a partir de Cazcarro *et al.*, (2008).

### 3.2. Agua gris

Un punto que todavía no se ha tratado es el del contenido de AV gris de un producto, definido como el volumen de agua que resulta contaminada durante su producción. La justificación dada para su introducción en el análisis de la HH es similar a la del cálculo de la huella de la energía en la huella ecológica. El agua no funciona sólo como recurso incorporado o consumido en los procesos productivos, sino también como sistema de asimilación de residuos, que es lo que se logra con la dilución y el tratamiento de aguas residuales antes de su eliminación reutilizando los productos químicos recuperados. Por tanto, el contenido de agua gris puede ser cuantificado mediante el cálculo de la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes emitidos al sistema de agua natural durante su proceso de producción hasta alcanzar niveles acorde con las normas de calidad de la misma (Chapagain *et al.*, 2006). El volumen de dilución se calcula sobre la base del volumen real de los productos químicos dispuestos en masas de agua naturales, no sobre el volumen de los productos químicos en el flujo de residuos inicial, por lo que un mayor o mejor tratamiento de aguas residuales reducirá la huella gris del agua.

Sobre las estimaciones de huella gris mundial del agua afloran de nuevo diferencias, ya que Postel *et al.*, (1996) calcularon 2.350 km<sup>3</sup>/año, considerando que la mitad de las aguas residuales industriales y urbanas no se tratan, y un factor de dilución de 4 (calculado como la proporción entre el volumen final de agua necesario para reproducir la concentración de la muestra original, y el que había inicialmente antes de ser vertido el soluto o producto químico), que se utiliza como dato representativo de la asimilación de agentes químicos emitidos a las masas de agua. Dicha cifra de huella gris ya era superior a la combinación de huella azul-gris ofrecida por Hoekstra y Chapagain (2007), quienes obtuvieron un factor de dilución de 1, tomando datos reales de retornos, teniendo en cuenta los volúmenes reales de productos químicos en el agua natural, y no los presentes en los flujos contaminantes iniciales.

En la literatura I-O en España encontramos trabajos que aportan claves sobre la contaminación hídrica como en Duarte (1999), o más recientemente en Flores (2008), trabajo en el que se estudia la contaminación hídrica en Aragón procedente de las diferentes actividades productivas, y que presentaremos agregadas por bloques. Las actividades agroalimentarias explican más de la mitad de la contaminación hídrica que se produce en la región por la demanda biológica de oxígeno (DBO), nitrógeno de los purines, el fósforo y los sólidos en suspensión. Por su parte a la actividad de química, caucho y plásticos le corresponde el 30% de la contaminación por la demanda química de oxígeno (DQO) y metales, y el 8% por DBO. Debido a sus demandas de productos, el sector servicios sólo contribuye a la contaminación hídrica de una forma relevante (teniendo un peso superior al 2%) por DQO y metales, mientras que a los hogares sólo cabría asignársela en DQO de forma relevante. La contaminación hídrica importada resulta bastante elevada, siempre por encima del 21% del total, por los volúmenes importados de la industria química y agroalimentaria. Un desglose de estos datos por sectores y tipo de impacto puede apreciarse en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Contaminación hídrica en Aragón agregada por bloques de actividades económicas, sector exterior (importada) y hogares**

	DBO (ton)	% DBO	DQO (ton)	% DQO	Metales (ton)	% Metales	Nitrógeno (ton)	% Nitrógeno	Sólidos Susp. (ton)	% Sólidos Susp.
Act. agrarias y agroalimentarias	687.928	59,2	691	0,3	102	0,1	196.067	64,6	1.256.066	64,1
Energía e industr. extractivas	5.336	0,5	9.952	4,7	3.212	3,9	944	0,3	0	0
Química, caucho y plásticos	93.700	8,1	63.555	30,2	25.940	31,6	8.679	2,9	0	0
Metálicos, maquinaria, y automóvil	3.639	0,3	1.911	0,9	627	0,8	288	0,1	0	0
Otras manufacturas	5.579	0,5	2.697	1,3	1.405	1,7	804	0,3	0	0
Construcción	94	0,0	152	0,1	91	0,1	18	0,01	0	0
Servicios	21.015	1,8	33.988	16,2	20.450	24,9	4.119	1,4	0	0
Sector Exterior (Importada)	329.745	28,4	61.500	29,3	30.314	36,9	91.897	30,3	683.339	34,9
Hogares	15.951	1,4	35.759	17,0	49	0,1	819	0,3	21.156	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>1.162.987</b>	<b>100,0</b>	<b>210.205</b>	<b>100</b>	<b>82.191</b>	<b>100</b>	<b>303.636</b>	<b>100</b>	<b>1.960.561</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Flores (2008).

## 4. Conclusiones

En nuestra opinión, de los análisis revisados en el capítulo se derivan numerosas conclusiones prácticas para la toma de decisiones públicas y privadas relacionadas con la gestión de agua. De algunos de los trabajos citados, referidos al comercio de Agua Virtual a nivel mundial, se desprende una apelación a que se analicen los impactos hidrológicos con miras globales, atendiendo a la producción en zonas donde el agua es más productiva. Paralelamente, nos encontramos ante un creciente interés por el estudio de la HH por unidades más pequeñas que los países (no sólo cálculos medios por ciudadano, sino para sectores, empresas privadas,...), que está haciendo crecer el número de encuentros y trabajos de la red Water Footprint orientados a tratar la huella hidrológica de las corporaciones.

Un aspecto que hemos tratado de remarcar ha sido la distinción entre el cálculo de agua utilizada en secano y regadío, para ajustarse a la diferenciación de agua verde y agua azul. En España, estudios como el de Rodríguez Casado *et al.*, (2008) tienen la importancia de perfeccionar cálculos generales ofrecidos en los informes para todos los

países, de modo que las conclusiones sobre nuestra huella hidrológica quedan más afinadas. Lo que parece claro en los trabajos revisados es que en España es importadora neta de AV, lo cual indica que nuestro consumo de agua es superior a los recursos interiores empleados, y podría decir algo a favor de la lógica de que se importe agua desde aquellas zonas áridas o semiáridas, y que la escasez del recurso esté guiando el comercio de producto. En Novo *et al.*, (2008) se muestra que España es un país importador neto de agua virtual en granos, y que lo es en mayor medida en los años más secos. No obstante, también se refleja que la exportación de granos, expresada como variación en cantidad y volumen, no decrece cuando el año es menos lluvioso y, por tanto, hay mayor escasez del recurso, lo que apunta a la idea de que la escasez del recurso no es el único factor que determina el comercio de agua virtual. Por su parte, Velázquez (2007), plantea las limitaciones hídricas de Andalucía, considerando razonable importar aquellos productos que requirieran un elevado consumo de agua, como pueden ser las patatas u otras hortalizas, para especializarse en aquellos otros que requieren un menor consumo de agua (donde señala los cereales, si bien debe notarse que su huella hidrológica es elevada). Los resultados que se ofrecen en este trabajo prueban que esa idea intuitiva desde una perspectiva física no se cumple para esta la región. Por lo tanto, la evidencia de los anteriores trabajos lleva a pensar que el papel de la especialización o la rentabilidad económica, normalmente asociada a la calidad y renombre que tiene un producto producido en una región determinada productiva, como el que proporcionan las denominaciones de origen, son fuertes determinantes del comercio con otros países, y que por tanto las nociones de AV y HH no priman en el análisis de productores y demandantes.

Respecto a esto último, debe notarse el papel que tenemos como demandantes de agua virtual con nuestro consumo de bienes que han requerido grandes cantidades de este recurso para producirlos. De acuerdo con nuestras estimaciones realizadas para España, a partir de la estructura económica que se refleja en las Tablas I-O del 2004 y otras fuentes estadísticas como la RECAN del MAPA, la industria cárnica incorpora en su producción 4 km<sup>3</sup> de agua azul; cifra superior al uso directo que se hace de agua en los hogares (al abrir el grifo, lavar, regar el jardín,...), que es de 2,7 km<sup>3</sup>. Si se aceptan los valores ofrecidos por Chapagain y Hoekstra (2004) de más de 15.000 litros de agua virtual para producir un kg de ternera en general (en particular en España serían más de 20.000), 6.000 litros para un kg de ovino, o los 3.900 l/kg del pollo, los altos valores de agua de esta industria agroalimentaria podían intuirse, incluso en mayores cuantías. Ello nos lleva a concluir que se puede reducir más el consumo de agua con cambios en nuestra dieta, que con el ahorro de agua en el hogar. No obstante, con esto no se quiere decir que esto último

no sea importante, o que el no comer un filete reduzca directamente la huella (nótese que la elevada cantidad de agua virtual se computa por el agua que ya se ha necesitado para criar al animal), pues además no son consumos sustitutivos, y en la alimentación entran en juego consideraciones sobre el contenido proteínico o el disfrute del plato.

El tema de la calidad de las aguas es una preocupación general y, por tanto, es probable que se dé un alto interés por el estudio del agua gris, integrado las cuentas de agua que consideren los flujos de aguas residuales. A partir de los trabajos citados en este capítulo, se están creando nuevos conceptos como '*water neutral*', para designar un servicio, consumidor, empresa o país cuando las externalidades negativas de la huella creada por el mismo se han reducido y compensado. A pesar de que las condiciones para adecuarse a dicha "neutralidad" resultan un tanto vagas, "hacer todo lo razonablemente posible" o "compensar mediante una razonable inversión los impactos de aguas residuales" resulta relevante desde el momento en el que es un indicador que orienta hacia el establecimiento y el apoyo a proyectos con el objetivo del uso sostenible y equitativo del agua. En todo caso, sirven para que, en línea con la DMA, se materialicen en medidas que traten de minimizar los efectos negativos y compensar daños (indemnizaciones, inversiones en zonas dañadas indirectamente, etc.).

Finalmente, los estudios para zonas concretas en España pueden acercarse más a órganos de gestión concretos. Así, el estudio de Aldaya y Llamas (2008) a nivel de cuenca permite aproximarse a este tipo de órgano de gestión hídrica, teniendo en cuenta resultados concretos como el menor valor de agua virtual (en m<sup>3</sup>/ton) de maíz, tomates o melones que los cereales o la baja productividad del agua azul relativa en el alto y medio Guadiana con respecto a la del bajo Guadiana. Asimismo, si Velázquez (2007) reflexiona acerca de la explotación de los recursos en Andalucía, su especialización agrícola y comercio exterior, otros estudios sobre los flujos de agua entre sectores de la economía, como Duarte *et al.*, (2008) o las estimaciones aquí presentadas acerca de la economía española, ofrecen resultados bastante marcados. Así, por ejemplo, a la hora de mostrar responsabilidades en la contaminación o demandas de agua directas e indirectas, se aprecian los elevados niveles incorporados en las actividades agrarias y agroalimentarias, con una contaminación hídrica relevante por DBO, metales, y sólidos en suspensión (en torno al 60%), y por DBO en la actividad de química, caucho y plásticos (aproximadamente el 30%). Además, tales trabajos suelen ser extrapolables a otras zonas con similar tecnología, que conforman una estructura económica parecida en las Tablas I-O.

En definitiva, la combinación de conocimientos sobre las técnicas agrarias, las transformaciones y demandas de productos, y la teoría económica detrás de los intercambios de bienes, nos permiten hacer aproximaciones más realistas a los problemas de presión sobre los recursos hídricos. La realización recientemente de varias aplicaciones o tesis doctorales y de máster en torno al tema<sup>5</sup>, demuestran el presente y futuro interés por el AV y la HH. Resultados tan impactantes como la cantidad de agua contenida en un filete de vaca, hacen replantearse la importancia para la buena gestión del agua no sólo de las prácticas agrícolas y el clima, sino también de los hábitos alimenticios, y el volumen en general de bienes y servicios producidos y consumidos en el interior y fuera de nuestras fronteras.

## Referencias bibliográficas

- Aguilera-Klink, F. (1993). "El problema de la planificación hidrológica: una perspectiva diferente". *Revista de Economía Aplicada*, 2(1): 209-216.
- Aldaya, M.M. y Llamas, M.R. (2008). *Water footprint analysis for the Guadiana river basin*. Papeles de Agua Virtual nº 3, Fundación Marcelino Botín, Santander.
- Allan, J.A. (1994). "Overall perspectives on countries and regions". En Rogers, P. y Lydon, P. (Eds.): *Water in the Arab World: Perspectives and Prognoses*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts: 65-100.
- Allan, J.A. (1996). "Policy Responses to the Closure of Water Resources: Regional and Global Issues". En Howsam, P. y Carter, R.C. (Eds.): *Water Policy: Allocation and Management in Practice*. Proceedings of International Conference on Water Policy, Cranfield University, London.
- Allan, J.A. (2003). "Virtual Water- the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor?". *Water International*, 28(1): 4-11.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper, vol. 56. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

---

<sup>5</sup> Flores (2008), De Miguel (2007), Madrid (2007), Cazcarro (2008), Novo (2008) o Rodríguez (2008).

- Ayres, R.U. y Kneese, A.V. (1969). "Production, consumption and externalities". *American Economic Review*, 59(7): 282-297.
- Cazcarro, I. (2008). *Agua Virtual y Huella del Agua en la Economía de la provincia de Huesca*. Tesis de Máster. Universidad de Zaragoza.
- Cazcarro, I., Duarte, R. y Sánchez Chóliz, J. (2008). "Water consumption based on a disaggregated Social Accounting Matrix of Huesca (Spain)". Mimeo. GRC conference: Industrial Ecology. Transforming the Use of Energy, Materials, Water and Wastes. New London, NH, USA.
- Cazcarro, I., Duarte, R. y Sánchez Chóliz, J. (2009). "Water use and water flows based on a new Social Accounting Matrix of Spain". Mimeo. 8th International Conference of the European Society for Ecological Economics. Ljubljana, Eslovenia.
- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2004). *Water footprints of nations*. Value of Water Research Report Series nº 16, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2008). "The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products". *Water International*, 33(1): 19-32.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G. y Gautam, R. (2006). "The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries". *Ecological Economics*, 60(1): 186-203.
- Chapagain, A.K. y Orr, S. (2008). "An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes". *Journal of Environmental Management*, 90(2): 1219-1228.
- Daly, H.E. (1968). "On economics as life science". *The Journal of Political Economy*, 76(3): 392-406.
- de Fraiture, C., Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M. y Molden, D. (2004). *Does International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use*. Comprehensive Assessment Research Report 4. Comprehensive Assessment Secretariat, Colombo, Sri Lanka.

- De Miguel García, A. (2007). *Estimación del flujo de agua virtual entre las comunidades de Castilla-La Mancha y Murcia*. Tesis de Máster. Universidad de Alcalá - Universidad Rey Juan Carlos.
- Dietzenbacher, E. y Velázquez, E. (2007). "Analysing Andalusian Virtual Water Trade in an Input-Output Framework". *Regional Studies*, 41(2): 185-196.
- Duarte, R. (1999). *Estructura productiva y contaminación hídrica en el valle del Ebro*. Un análisis input-output. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Duarte, R., Flores, M. y Sánchez Chóliz, J. (2008). "SAMEA para Aragón: Análisis económico y medioambiental". *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 18(1): 91-109.
- FAOSTAT (2004). *FAOSTAT on-line database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Flores, M. (2008). *Modelos multisectoriales con enfoque medioambiental: aplicación a la economía aragonesa*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Hoekstra, A. y Chapagain, A.K. (2007). "Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern". *Water Resources Management*, 21(1): 35-48.
- Hoekstra, A.Y. y Hung, P.Q. (2002). *Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Value of Water Research Report Series nº 11, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- Llamas, M.R. (2005). "Los Colores del Agua, El Agua Virtual y los Conflictos Hídricos". *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 99(2): 369-389..
- Lofting, E.M. y Mcgauhey. P.H. (1968). *Economic valuation of water. An input-output analysis of California water requirements*. Water Resources Center nº116. Universidad de California, Berkeley, USA.
- Madrid, C. (2007). *Hidratar el Metabolismo Socioeconómico: Los Flujos de Agua Virtual y el Metabolismo Hídrico. Una aproximación al sector hortofrutícola Andalus*. Tesis de Máster. Universidad Autónoma de Barcelona.

- MAPA (2004). *Red Contable Agraria Nacional (RECAN)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- MAPA (2007). *Anuario de Estadística Agroalimentaria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. (Años 1998 - 2007).
- Martínez Cob, A., Faci, J.M y Bercero, A. (1998). *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón*. Institución "Fernando el Católico", Zaragoza.
- Naredo, J. M. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social*. Siglo XXI, Madrid.
- Novo, P. (2008). *Análisis del 'comercio' de agua virtual en España: Aplicación al caso de los cereales*. MSc thesis. Universidad Politécnica de Madrid.
- Novo, P., A. Garrido, y C. Varela Ortega. (2009). "Are virtual water "flows" in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity?". *Ecological Economics*, en prensa.
- Oki, T., Sato, M., Kawamura, A., Miyake, M., Kanae, S. y Musiake, K. (2003). "Virtual water trade to Japan and in the world". En Hoekstra, A.Y. (Ed.), *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Value of Water Research Report Series nº 12. UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- Pajuelo, A. (1980). "Equilibrio general vs. Análisis parcial en el análisis I-O económico ambiental: una aplicación al análisis de la contaminación atmosférica en España". *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, 3: 3-57.
- Postel, S.L., Daily, G.C. y Ehrlich, P.R. (1996). "Human appropriation of renewable fresh water". *Science*, 271: 785-788.
- Rodríguez Casado, R., Garrido, A., Llamas, M.R. y Varela-Ortega, C. (2008). *La huella hidrológica de la agricultura española*. Papeles de Agua Virtual n.º 2. Fundación Marcelino Botín, Santander.

- Títos Moreno, A., de Haro, T., Gómez Muñoz, A.C. y Ramos Real, F. (1995). "El sistema agroalimentario español: tabla input-output y análisis de las relaciones intersectoriales". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid.
- United Nations (2003). *Water for People. Water for Life*. World Water Assessment Programme, UNESCO.
- Velázquez, E. (2006). "An input-output model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalusia". *Ecological Economics*, 56(2): 226-240.
- Velázquez, E. (2007). "Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use". *Ecological Economics*, 63(1): 201-208.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Linares, A.C., Falfan, I.S.L., Garcia, J.M., Guerrero, I.S. y Guerrero, M.G.S. (1997). *Ecological footprints of nations: How much nature do they use? - How much nature do they have?* Centre for Sustainability Studies, Universidad Anahuac de Xalapa, Méjico.
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, British Columbia, Canada.
- Yang, H. y Zehnder, A.J.B. (2002). "Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries". *World Development*, 30(8): 1413-1430.
- Zimmer, D. y Renault, D. (2003). "Virtual water in food production and global trade: review of methodological issues and preliminary results". En Hoekstra, A. Y. (Ed.), *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Value of Water Research Report Series nº 12. UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.



# La escasez del agua cuestionada: huella hidrológica y "comercio" de agua virtual agrario<sup>1</sup>

*Paula Novo, Roberto Rodríguez Casado, Alberto Garrido y Consuelo Varela-Ortega*

## 1. Introducción

El sector agrario es, con gran diferencia, el que más agua consume en España, al igual que en otros países y regiones áridas y semiáridas del mundo. Avanzar en el análisis de las interrelaciones entre el consumo del agua, la producción agraria y el comercio de productos agrarios cobra importancia creciente en la literatura especializada (CAWMA, 2007) y es el tema central de este trabajo.

En analogía con la huella ecológica, la huella hídrica es un indicador del impacto del consumo humano sobre los recursos hídricos. La huella hídrica de un individuo o comunidad se define como el volumen total de agua utilizada para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o comunidad (Hoekstra y Chapagain, 2008). Este concepto está íntimamente ligado al de agua virtual. El contenido de agua virtual de un producto se refiere al volumen de agua empleado en su producción (Allan, 1997, 1999; Hoekstra, 2003). De modo que cuando un bien es intercambiado en el mercado se establece un 'flujo' o 'comercio' de agua virtual (Allan, 1998; Hoekstra y Hung, 2002). Distintos autores (Allan, 1998; Hoekstra y Chapagain, 2008; Yang y Zehnder, 2008) señalan la importancia de este mecanismo para reforzar la seguridad hídrica y alimentaria de regiones áridas y semiáridas, así como su influencia en la reducción de la presión sobre el medioambiente (Zimmer y

---

<sup>1</sup> La realización de este trabajo ha sido apoyada por un convenio entre la Fundación Marcelino Botín y la Universidad Politécnica de Madrid, 2007-2009, titulado "Análisis de la huella hidrológica y del comercio de agua virtual en España".

Renault, 2003). No obstante, lo novedoso del concepto de agua virtual tiene sus máximas consecuencias en las políticas de agua de un país y en las inversiones en obras hidráulicas, ya que permite priorizar usos y recursos económicos hacia aquellas actividades con un mayor valor añadido (Wichelns, 2001).

El comercio agrario es el principal responsable del "flujo" de agua virtual. Globalmente, el volumen de agua virtual asociado al comercio internacional agrario representa alrededor del 15% del volumen total de agua utilizado en la producción. En el caso español, los datos de comercio exterior indican que España es importadora de productos de bajo valor económico y elevado contenido de agua virtual (principalmente trigo, maíz y soja), mientras que es exportadora de productos de elevado valor y menor contenido de agua virtual, como aceite de oliva, frutas y hortalizas. Este trabajo muestra cómo importaciones y exportaciones de agua virtual han variado en la última década.

Los resultados que se presenta en este capítulo forman parte del estudio elaborado por Garrido *et al.*, (2009). El objetivo de dicho estudio es evaluar la huella hídrica y el 'comercio' de agua virtual de España, distinguiendo entre las componentes verde (agua del suelo) y azul (agua superficial y subterránea) del agua, desde una perspectiva hidrológica y económica. Los principales elementos innovadores del trabajo son: (i) la dimensión temporal y espacial, el estudio comprende el período 1997-2006 y analiza las variaciones de la huella hídrica a nivel provincial y de cuenca, y (ii) la evaluación de la huella y el "flujo" de agua virtual en términos económicos. Dado que la agricultura supone alrededor del 70% del consumo total de agua azul, el presente capítulo se centrará en el análisis de la agricultura.

El resto del capítulo está organizado de la siguiente manera: el apartado 2 describe la metodología aplicada, el apartado 3 presenta los principales resultados obtenidos en relación a la huella hídrica española, el apartado 4 los relativos al "flujo" de agua virtual, el apartado 5 discute la relación entre la productividad del agua y la escasez hídrica y, finalmente, el apartado 6 resume las principales conclusiones del estudio.

## 2. Metodología

### 2.1. Huella hídrica

El presente estudio sigue la metodología propuesta por Hoekstra y Chapagain (2008). La huella hídrica de un país ( $WF$ ,  $m^3/año$ ) se puede descomponer en: huella hídrica interna ( $WF_i$ ,  $m^3/año$ ) y externa ( $WF_e$ ,  $m^3/año$ ). La huella hídrica interna se define como el uso de los recursos hídricos del país para producir los bienes y servicios consumidos por sus residentes. Es la suma del volumen total de agua usado en los sectores agrario ( $WU_a$ ,  $m^3/año$ ), industria ( $WU_i$ ,  $m^3/año$ ) y urbano ( $WU_d$ ,  $m^3/año$ ) de la economía nacional menos el volumen de agua virtual 'exportado' a otros países ( $VW_E$ ,  $m^3/año$ ). La huella hídrica externa de un país se define como el volumen anual de agua usada en otros países para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes del país en estudio. Es el volumen de agua virtual 'importada' en el país ( $VW_I$ ,  $m^3/año$ ) menos el volumen de agua virtual 're-exportada' contenida en los productos previamente importados ( $VW_{RE}$ ,  $m^3/año$ ).

$$WF_i = WU_a + WU_i + WU_d - VW_E \quad [1]$$

$$WF_e = VW_I - VW_{RE} \quad [2]$$

#### 2.2.1. Uso de agua en el sector agrario

El uso de agua en el sector agrario ( $WU_a$ ) comprende el volumen utilizado para la producción agrícola y ganadera. En el caso de los cultivos se distingue entre uso de agua verde ( $CWU_g$ ,  $m^3/ha$ ) y uso de agua azul ( $CWU_b$ ,  $m^3/ha$ ) en secano y regadío. El uso de agua de la ganadería ( $LWU$ ,  $m^3/año$ ) hace referencia al volumen de agua de servicio y bebida. El volumen empleado para la producción de los alimentos consumidos por el ganado está ya incluida en la producción agrícola. Así tenemos que:

$$WU_a = \sum_{c=1}^n [CWU_g \times S_t + CWU_b \times S_{irr}] + LWU \quad [3]$$

Donde  $n$  es el número de cultivos considerados,  $S_i$  el total de la superficie cultivada y  $S_{irr}$  la superficie de regadío.

El cálculo del uso de agua verde y azul se realiza siguiendo una serie de pasos. Primero, se estiman las necesidades hídricas del cultivo ( $CWR$ , mm) y la precipitación efectiva ( $P_{eff}$ , mm/mes). Las necesidades hídricas son iguales a la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ , mm/mes) bajo condiciones estándar, es decir, cuando el agua no limita el crecimiento del cultivo ni su rendimiento. La demanda evaporativa del cultivo se calcula multiplicando la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ , mm/mes) por el coeficiente de cultivo  $K_c$ .

$$CWR = ET_o \times K_c \quad [4]$$

La precipitación efectiva se define como la cantidad de agua proveniente de la precipitación que puede ser aprovechada por los cultivos para satisfacer sus necesidades hídricas (Dastane, 1978; Brouwer y Heibloem, 1986). Por tanto, las necesidades de riego son igual a cero si la precipitación efectiva supera las necesidades hídricas del cultivo.

La evapotranspiración del agua verde ( $ET_g$ , mm/mes) se calcula como el mínimo entre la precipitación efectiva y las necesidades hídricas del cultivo. De manera similar, la evapotranspiración del agua azul ( $ET_b$ , mm/mes) es igual a la diferencia entre las necesidades hídricas del cultivo y la evapotranspiración del agua verde. Este cálculo se realiza por cultivo, provincia y mes. Se asume que el excedente de agua de un mes se pierde por escorrentía o filtración, de modo que no puede ser utilizada por el cultivo en los meses siguientes.

$$ET_g = \min(CWR, P_{eff}) \quad [5]$$

$$ET_b = \max(0, CWR - ET_g) \quad [6]$$

El uso de agua del cultivo se calcula mediante agregación de los valores mensuales de la evapotranspiración del agua verde y azul.

$$CWU_g = 10 \times \sum_{m=1}^{l_{gp}} ET_g \quad [7]$$

$$CWU_b = 10 \times \sum_{m=1}^{l_{gp}} ET_b \quad [8]$$

El sumatorio se realiza desde el mes de siembra (mes 1) hasta el mes de cosecha, de modo que  $l_{gp}$  hace referencia a la duración total del período de crecimiento. El objeto del factor 10 es convertir mm en m<sup>3</sup>/ha.

El método descrito en esta sección es aplicable a la producción de secano y regadío en sistemas abiertos. En el caso de la producción en invernadero, la componente verde es nula y la evapotranspiración del cultivo puede ser estimada como el 70-80% de la evapotranspiración en sistemas abiertos (Fernandes *et al.*, 2003; Fernández, 2000; Harmato *et al.*, 2004). De manera que,  $CWU_b$  es en este caso igual a la demanda evaporativa del cultivo.

### 2.1.2. "Exportaciones" de agua virtual

Las 'exportaciones' de agua virtual se determinan multiplicando la cantidad exportada de producto (ton/año) por su contenido de agua virtual asociado (m<sup>3</sup>/ton). El contenido de agua virtual verde de un cultivo ( $V_g$ , m<sup>3</sup>/ton) se calcula como el ratio entre el uso de agua verde y el rendimiento del cultivo ( $Y$ , ton/ha). En paralelo, el contenido de agua virtual azul ( $V_b$ , m<sup>3</sup>/ton) resulta de dividir el uso de agua azul entre el rendimiento. Dado que el rendimiento en secano y regadío es diferente, se determina un contenido de agua virtual verde para secano y otro de agua virtual verde y azul para regadío.

$$V_g = \frac{CWU_g}{Y} \quad [9]$$

$$V_b = \frac{CWU_b}{Y} \quad [10]$$

Un cultivo primario puede ser procesado para obtener distintos productos derivados (ej. trigo en harina de trigo). Por ello, el contenido de agua virtual de los productos derivados ( $V_{cp}$ , m<sup>3</sup>/ton) se calcula dividiendo el contenido de agua virtual del producto primario entre la fracción de producto ( $f_p$ , ton/ton). Dicha fracción se define como cantidad obtenida de producto derivado (ton) por cantidad procesada de cultivo primario o raíz (ton). Cuando dos o más productos derivan de una misma raíz, el contenido de agua virtual del cultivo primario se distribuye entre los distintos derivados según una fracción de valor ( $f_v$ , US\$/US\$) proporcional al valor del producto procesado. Dicha fracción de valor se define como el ratio entre el valor de mercado del producto derivado y el valor de mercado agregado de todos los productos derivados de una misma raíz o cultivo primario. Además, se incluye también el agua requerida para el procesamiento ( $PWU$ , m<sup>3</sup>/ton). Las fracciones de producto y valor se obtuvieron de Chapagain y Hoekstra (2004).

$$V_{cp} = (V_c + PWU) \times \frac{f_v}{f_p} \quad [11]$$

El contenido de agua virtual de los animales vivos ( $V_p$ , m<sup>3</sup>/ton) se calcula en base al contenido de agua virtual de los alimentos y los volúmenes de agua de servicio y bebida. Estos valores se obtuvieron de Chapagain y Hoekstra (2004). El contenido de agua virtual de los productos derivados de los animales ( $V_{lp}$ , m<sup>3</sup>/ton) se estima siguiendo la metodología descrita anteriormente para los productos agrícolas.

Finalmente, las 'exportaciones' de agua virtual ( $VW_E$ , m<sup>3</sup>/año) se calculan:

$$VW_E = \sum_j V[n_e, j] \times T_e[j] \quad [12]$$

Donde  $j$  hace referencia al producto intercambiado,  $V$  (m<sup>3</sup>/ton) a su contenido de agua virtual en el país de exportador  $n_e$  y  $T_e$  (ton/año) a la cantidad exportada.

### 2.1.3. "Importaciones" de agua virtual

Siguiendo la metodología descrita para el caso de las "exportaciones" de agua virtual, las "importaciones" ( $VW_I$ , m<sup>3</sup>/año) se estiman multiplicando la cantidad importada por su contenido de agua virtual asociado, estimado en el lugar de producción.

El contenido de agua virtual de los cultivos y de los animales vivos importados, al igual que de sus productos derivados, se obtiene de Chapagain y Hoekstra (2004).

$$VW_I = \sum_j V[n_e, j] \times T_i[j] \quad [13]$$

Donde  $j$  denota el producto intercambiado,  $V$  (m<sup>3</sup>/ton) su contenido de agua virtual en el país exportador (productor)  $n_e$  y  $T_i$  (ton/año) la cantidad importada.

### 2.2. 'Flujo' de agua virtual

El "flujo" de agua virtual de un país exportador a otro importador se determina mediante la siguiente expresión:

$$VW[n_e, n_i, j] = V[n_e, j] \times T[n_e, n_i, j] \quad [14]$$

En la que,  $VW$  (m<sup>3</sup>/año) es el 'flujo' de agua virtual del país exportador ne al importador ni a través del comercio del producto  $j$ ;  $V$  (m<sup>3</sup>/ton) es el contenido de agua virtual del producto  $j$  en el país exportador y productor  $n_e$  y  $T$  (ton/año) el flujo del producto  $j$  desde el país exportador al importador.

## 2.3. Valor económico del agua

Existe un número cada vez mayor de estudios relacionados con el agua virtual y la huella hídrica. Sin embargo, sólo un número reducido abordan la cuestión de la evaluación económica del agua virtual (Aldaya *et al.*, 2008; Novo *et al.*, 2009). Desde una perspectiva económica sólo el agua azul es valorada, ya que es complicado asociar un valor económico al agua verde, debido a que no se puede destinar de manera automática a distintos usos alternativos. A pesar de que no se valore, es importante tener en mente que el agua verde tiene también un valor económico, tanto para la agricultura como para los ecosistemas naturales.

El valor económico del agua azul se define, en este trabajo, en términos de precio sombra o valor de escasez. El precio sombra mide la disposición a pagar de los regantes por tener una unidad adicional de agua. Por tanto, equivale al valor marginal de cada dotación disponible de agua. El uso del precio sombra del agua para medir el valor económico del agua azul resulta apropiado para el análisis del 'comercio' de agua virtual en países áridos y semiáridos, donde la distinción entre agua verde y agua azul es esencial para relacionar la gestión del suelo y la tierra a los ciclos de sequía y a la variabilidad climática. De esta forma se puede medir el valor del agua exportada virtualmente.

Los valores del precio sombra o valor de escasez del agua azul, resumidos en el Cuadro 1, se han seleccionado a partir de una revisión de la literatura. Los valores del agua azul son definidos para cada cuenca hidrográfica y situación hidrológica. Es decir, cada provincia española se asocia con una cuenca, a pesar de que los límites de ambas demarcaciones no se solapan completamente. El valor de escasez del agua azul depende del nivel de escasez, el cual a su vez está en relación con el volumen de agua almacenado en la cuenca hidrográfica. De modo que los niveles de escasez están definidos en una escala de 1 a 4, siendo 4 el nivel de mayor escasez. Para relacionar el volumen de agua almacenado en la cuenca con un cierto nivel de escasez se realiza un análisis de percentiles para el período de estudio 1997-2006. Así, cuando en un año el volumen almacenado en el mes de mayo es mayor que el percentil 50 el nivel de escasez es 1. El nivel 2 se corresponde con un valor del volumen almacenado situado entre los percentiles 25 y 50, el nivel 3 entre los percentiles 10 y 25 y el nivel 4 cuando el volumen almacenado es menor que el valor correspondiente al percentil 10.

**Cuadro 1. Precio sombra/valor de escasez del agua azul por cuenca, provincia y nivel de escasez**

	Provincia	Nivel escasez	Valor escasez <sup>1</sup> (€/m <sup>3</sup> )	Volumen almacenado <sup>2</sup> (s) (% sobre el total de la capacid. de almacenam. de la Cuenca)
Duero	Ávila, Burgos, León,	1	0,000	s > 75,2
	Palencia, Salamanca,	2	0,060	63,2 < s < 75,2
	Segovia, Soria, Valladolid,	3	0,120	56,4 < s < 63,2
	Zamora	4	0,361	s < 56,4
Ebro	Álava, La Rioja, Navarra,	1	0,01	s > 80,2
	Huesca, Lleida,	2	0,06	71,7 < s < 80,2
	Zaragoza, Tarragona,	3	0,09	71 < s < 71,7
	Teruel	4	0,15	s < 71
Guadalquivir	Cádiz, Córdoba, Jaén,	1	0,005	s > 66,2
	Sevilla	2	0,10	46,2 < s < 66,2
Guadiana	Ciudad Real, Badajoz,	1	0,033	s > 65,8
	Huelva	2	0,058	57,5 < s < 65,8
		3	0,137	16,8 < s < 57,5
		4	0,678	s < 16,8
Júcar	Castellón, Alicante,	1	0,07	s > 33,3
	Cuenca, Valencia	2	0,19	23,2 < s < 33,3
		3	0,35	18,6 < s < 23,2
		4	0,52	s < 18,6
Segura	Murcia, Albacete	1	0,12	s > 22,5
		2	0,27	19,7 < s < 22,5
		3	0,52	12,1 < s < 19,7
		4	0,61	s < 12,1

Fuente: Elaboración propia en base a (1) Albiac *et al.*, (2006), Calatrava y Garrido (2005), Iglesias *et al.*, (2003; 2007), Gómez-Limón y Berbel (2000), Pulido-Velázquez *et al.*, (2008) y Varela-Ortega (2007); (2) MMA(2008).

## 2.4. Modelo Económico

La teoría económica básica sugiere que a medida que un recurso es más escaso, los usuarios son más eficientes. Tomando como base los datos obtenidos en el estudio, el desarrollo de un modelo econométrico permite verificar la hipótesis que establece que la productividad aparente del agua depende de la escasez del recurso. Para ello, se propone el siguiente modelo, sólo relevante para la agricultura de regadío:

$$BWP_{it} = \alpha + \beta_1 SV_{it} + \beta_2 GB\%_{it} + \varepsilon_{it} \quad [15]$$

Con la siguiente notación:  $BWP_{it}$  es la inversa de la productividad aparente del agua azul en regadío, expresada en 1.000 m<sup>3</sup> por € de valor de producción bruto en la provincia  $i$  y en el año  $t$ ;  $SV_{it}$  representa el valor de escasez en €/m<sup>3</sup>, el cual varía según el año y la cuenca, en base a los valores mostrados en el Cuadro 1;  $GB\%_{it}$  es el ratio entre el uso de agua verde y el uso total de agua del cultivo en la producción de regadío en la provincia  $i$  y el año  $t$ .

El modelo econométrico permite realizar tanto estimaciones generales como regionales. En términos de las variables del modelo y de las demandas de agua de los cultivos, las regiones de interior y Mediterráneas difieren en dos aspectos fundamentales: (a) en comparación con las regiones Mediterráneas, en las regiones de interior una mayor proporción de la demanda evaporativa del cultivo es satisfecha con agua verde; (b) en términos económicos, el agua es más escasa en las regiones Mediterráneas que en las de interior. Por ello el modelo se estima para todas las provincias, sólo para las Mediterráneas y sólo para las provincias de interior.

### 3. La huella hídrica española

En el caso español y para el período 1997-2006, la huella hídrica media del país es de 44.900 millones m<sup>3</sup> por año. Tal y como se muestra en el Cuadro 2, la huella hídrica externa agraria representa el 84% de la huella nacional. El sector agrario es también el principal 'importador' de agua virtual. Según Allan (1999) y Yang y Zehnder (2008), en países áridos y semiáridos las importaciones agrarias podrían ser un mecanismo de reducción de la demanda local/nacional de agua para la producción de alimentos.

Cuadro 2. Huella hídrica por sector, año 2004 (millones m<sup>3</sup>/año)

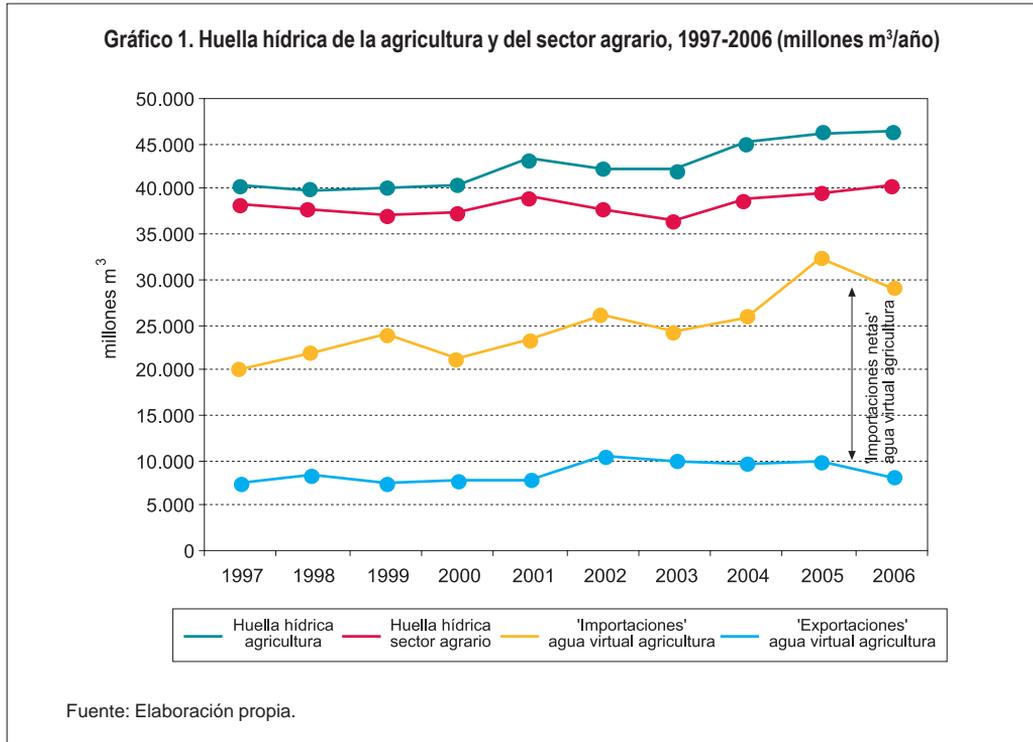
	WF interna (Millones m <sup>3</sup> )	WF externa (Millones m <sup>3</sup> )	WF nacional (Millones m <sup>3</sup> )	% WF nacional
Agrario <sup>1</sup>	9.426	29.717	39.143	84,3%
Urbano	4.042	-	4.042	8,7%
Industrial	244	3.007	3.251	7,0%
Total	13.712	32.724	46.436	100,0%

<sup>1</sup> Incluye el uso de agua de la agricultura y la ganadería.

Fuente: Elaboración propia.

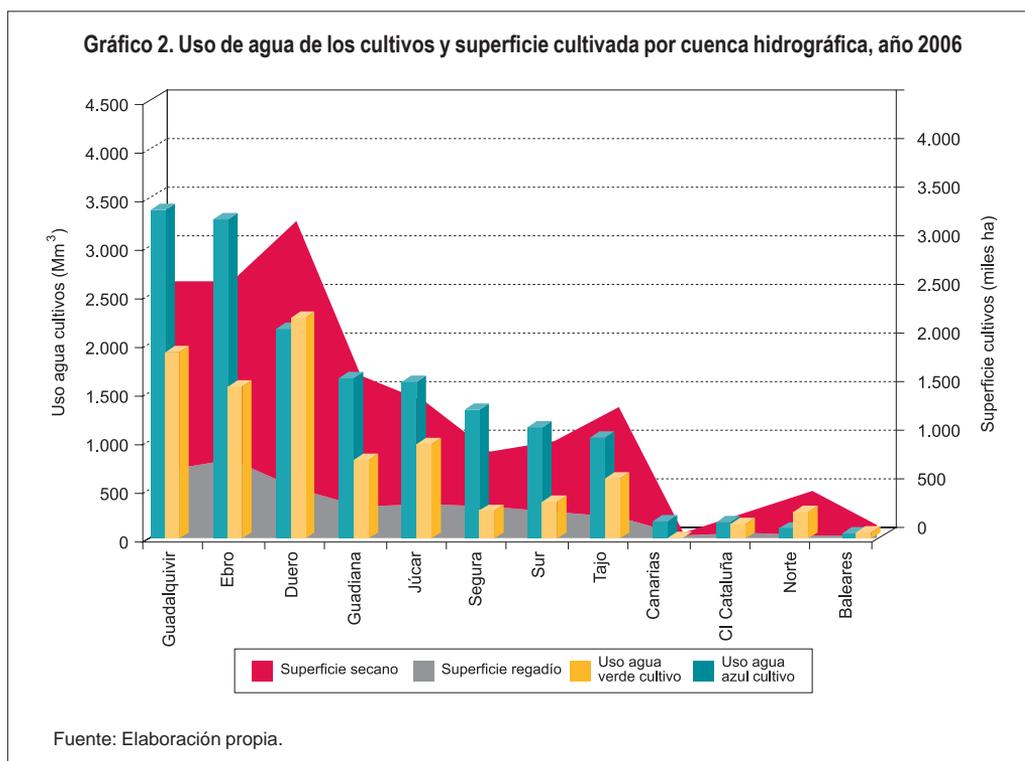
### 3.1. Agricultura y ganadería

El uso consuntivo de agua de la agricultura representa aproximadamente el 80% del consumo total de agua. El Gráfico 1 muestra la huella hídrica de la agricultura y del sector agrario, el cual incluye la producción agrícola y ganadera. Es interesante destacar que la huella hídrica del sector agrario es menor que la de la agricultura, lo cual se debe a que España es "exportadora" neta de agua virtual a través del comercio de productos ganaderos, pero "importadora" neta de agua virtual a través de cultivos primarios. No obstante, los resultados sugieren que la producción ganadera es responsable de una parte significativa de las importaciones de cultivos primarios, fundamentalmente cereales y soja. Además, cabe señalar que la huella hídrica de la agricultura presenta una tendencia positiva durante el período 1997-2006, aumentando en los años más secos, como el 2005. Lo cual podría explicarse tanto por una disminución de la precipitación como por una mayor evapotranspiración de los cultivos. Además, las "importaciones netas" son también más elevadas, por ello, el comercio internacional podría considerarse como una estrategia para acomodar el consumo a los ciclos de sequía y variabilidad climática.



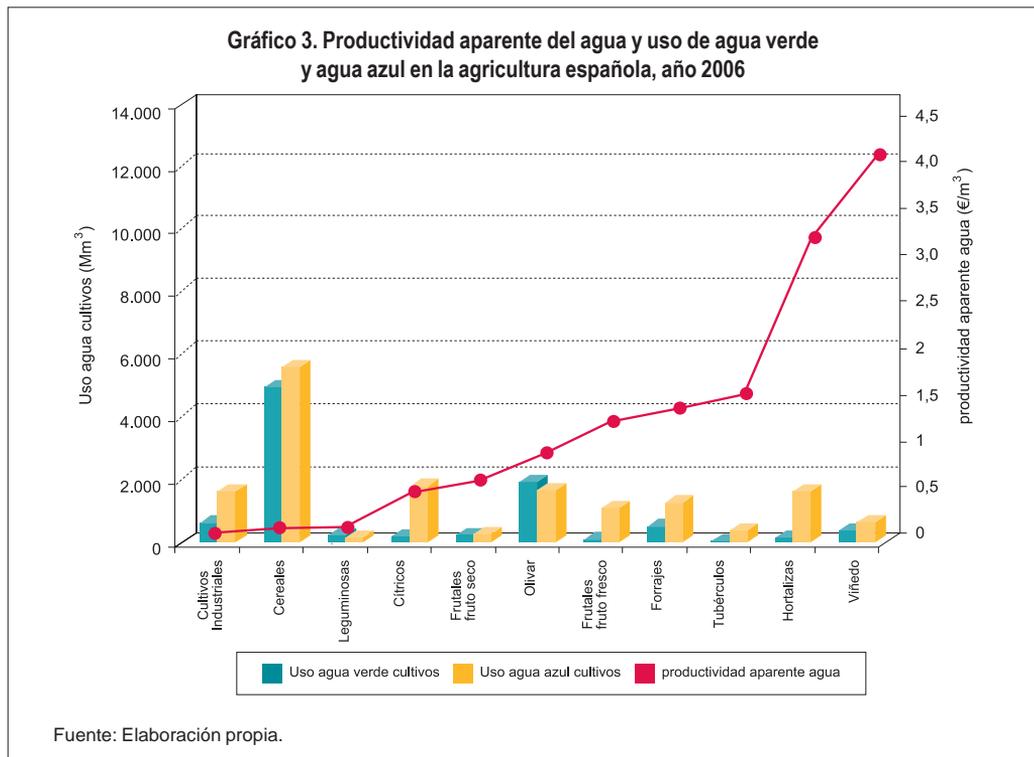
Los cereales y cultivos industriales, como algodón y soja, suponen más de la mitad de la huella hídrica de la agricultura. Sin embargo, estos cultivos son considerados de escaso valor económico, al menos en términos relativos o comparados con los de otros cultivos. Desde la óptica económica, los recursos hídricos escasos deberían destinarse a aquellas actividades con un mayor valor añadido (Wichelns, 2004). En este sentido, la valoración económica de la huella hídrica de la agricultura es esencial para contribuir a evaluar y diseñar la política hidráulica de un país.

El uso de agua de los cultivos, así como la superficie cultivada, varía de manera significativa entre cuencas hidrográficas, tal y como se observa en el Gráfico 2. Así, por ejemplo, en la cuenca del Guadalquivir el olivar y los cereales son los cultivos más representativos, mientras que en la cuenca del Segura las hortalizas son los principales consumidores de agua. Desde el punto de vista de la gestión del recurso hídrico es importante tener en cuenta el uso de agua en relación a su disponibilidad. Como cabría esperar, el uso de agua azul no excede la disponibilidad teórica de agua (MMA, 2008), excepto para



los casos de las cuencas Sur y Segura, siendo éstas las más áridas de España. En este sentido, el agua virtual puede ser una nueva herramienta para la evaluación de soluciones "duras", como trasvases, a los problemas de escasez hídrica. La evaluación del "flujo" de agua virtual y de la huella hídrica añade una nueva perspectiva a la gestión hídrica mediante el análisis del consumo y la demanda de agua.

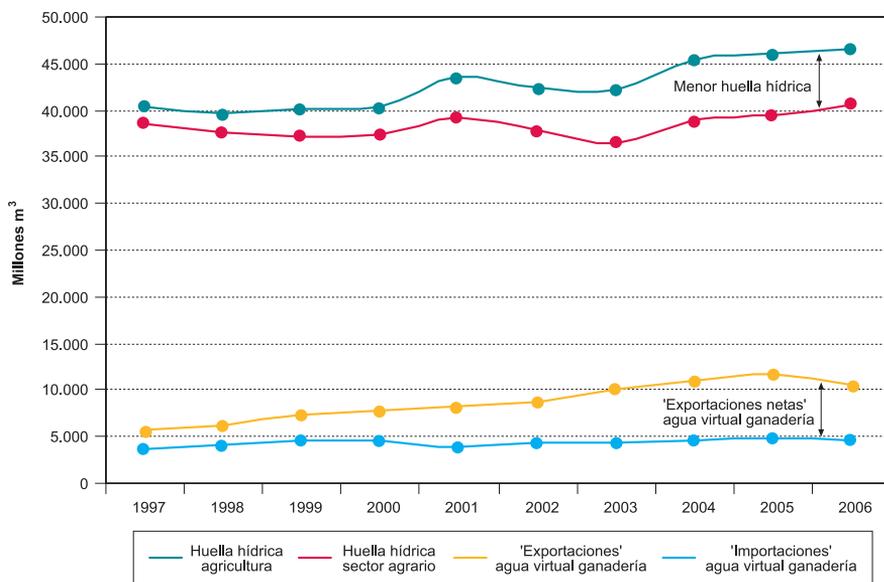
El análisis económico del recurso hídrico añade una nueva dimensión a los estudios de huella hídrica y agua virtual. Los resultados que se presentan en el Gráfico 3 muestran que tanto la productividad aparente como el uso de agua es muy variable entre los distintos tipos de cultivos. Los cultivos hortícolas y el viñedo, ambos con un contenido de agua virtual bajo y un valor económico elevado, son los que presentan una mayor productividad aparente. Por el contrario, los cereales y leguminosas son los de menor productividad aparente. Globalmente, la productividad aparente del agua en el período 1997-2006 oscila alrededor de los 0,25 €/m<sup>3</sup>. Además, es importante tener en cuenta que el viñedo no es sólo uno de los cultivos más rentables, sino también de los mejor adaptados al ecosistema



mediterráneo. Sin embargo, los resultados indican que los cereales y cultivos industriales consumen tanta o más agua que los cultivos más rentables. En este sentido, y a pesar de que el resultado pueda contradecir la lógica económica, es imprescindible tener en cuenta otros factores, tales como el valor social o de escasez del agua.

El sector ganadero representa el 40% del valor total de la producción agraria. En términos de huella hídrica, la ganadería está directamente relacionada con el 'comercio' de agua virtual. Según los datos oficiales, el uso directo de agua del sector ganadero es aproximadamente de 260 millones m<sup>3</sup> (MMA, 2006). Sin embargo, las 'exportaciones' de agua virtual de la ganadería representan un volumen de 10.000 millones m<sup>3</sup>. En el período 1997-2006 las "exportaciones" de agua virtual han experimentado un crecimiento continuo, mientras que las "importaciones" han permanecido estables, tal y como se observa en el Gráfico 4. La expansión del sector ganadero está directamente conectada con las importaciones de productos agrícolas para alimentación animal. Este hecho explica también el aumento de la huella hídrica de la agricultura. Según datos del MAPA (2008), en el año 2006 el 75% del consumo de cereales fue utilizado para alimentación animal.

Gráfico 4. Huella hídrica del sector agrario (agricultura+ganadería) y 'comercio' de agua virtual de la ganadería, 1997-2006 (millones m<sup>3</sup>)

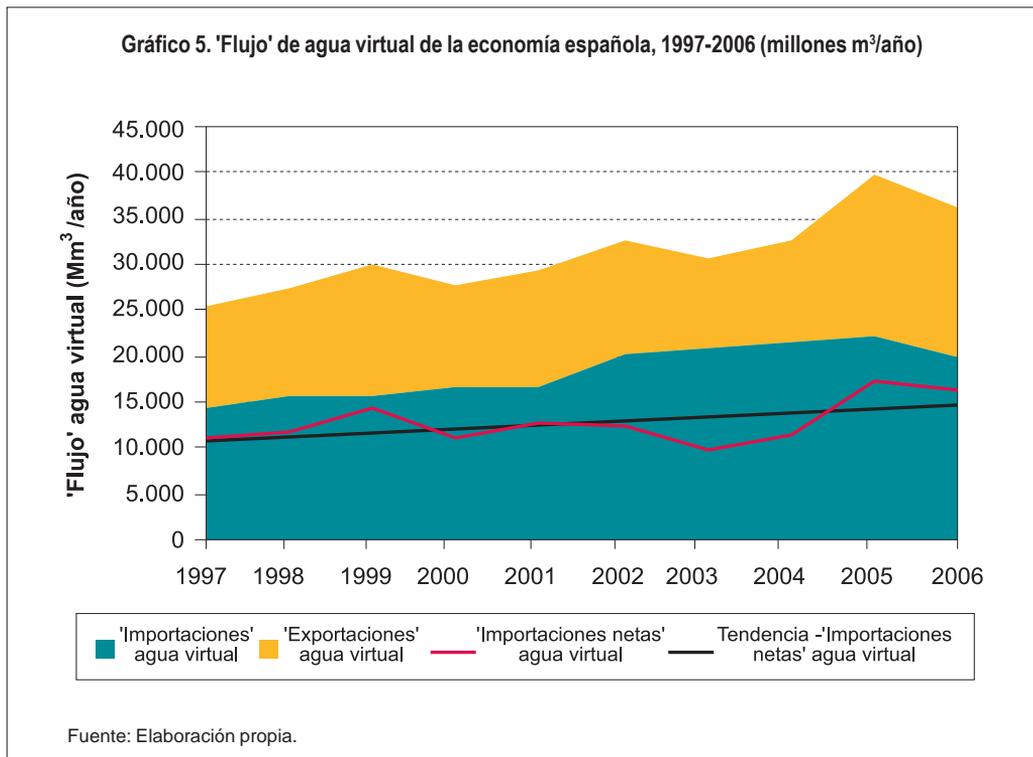


Fuente: Elaboración propia.

## 4. El "flujo" de agua virtual

España es un 'importador' neto de agua virtual (Gráfico 5). El volumen medio de las "importaciones" netas de agua virtual es de 12.800 millones m<sup>3</sup>. La agricultura es el principal "importador" de agua virtual, especialmente a través del comercio de cereales y cultivos industriales. Los datos de comercio internacional muestran que España exporta cultivos de alto valor, como fruta y hortalizas, e importa cultivos de menor valor económico. Este hecho demuestra la importancia de considerar tanto el volumen con el valor económico del agua virtual "intercambiada" a través del comercio internacional.

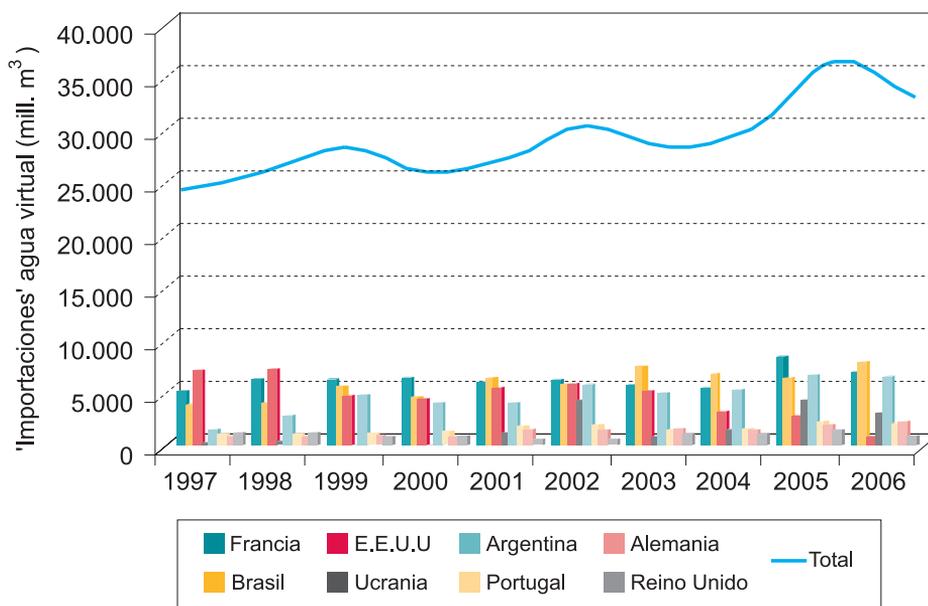
En el Gráfico 6 se observa que las "importaciones" de agua virtual a través del comercio agrícola aumentaron de 20.147 millones m<sup>3</sup> en el año 1997 a 29.150 millones m<sup>3</sup> en el año 2006. En general, las 'importaciones' de agua virtual presentan una tendencia positiva, sin embargo, el volumen puede variar entre años. El valor máximo se alcanzó en el año 2005, el cual es, en términos de precipitación, el año más seco de la serie temporal.



Según el país de procedencia, las "importaciones" de agua virtual de Francia, Argentina, Brasil y EEUU son las más importantes en términos de volumen. En el caso de EEUU las "importaciones" de agua virtual presentan una tendencia decreciente, en parte explicada por un aumento de las 'importaciones' de soja y torta de soja de Brasil y Argentina, que habitualmente provenían de EEUU.

Los principales productos importados son la soja, torta de soja, trigo y maíz. El volumen de las "importaciones" de agua virtual a través del comercio de soja disminuyó de 4.330 a 2.500 millones m<sup>3</sup> entre los años 1997 y 2006, mientras que el de torta aumentó de 1.330 a 3.598 millones m<sup>3</sup> durante el mismo período. El incremento de la producción ganadera explica en gran medida este aumento de las importaciones de torta de soja. El volumen de las "importaciones" de agua virtual a través del comercio de maíz y trigo fue de 1.672 y 2.466 millones m<sup>3</sup> en el año 1997, aumentando a 4.000 y 4.715 millones m<sup>3</sup> en el año 2006, respectivamente.

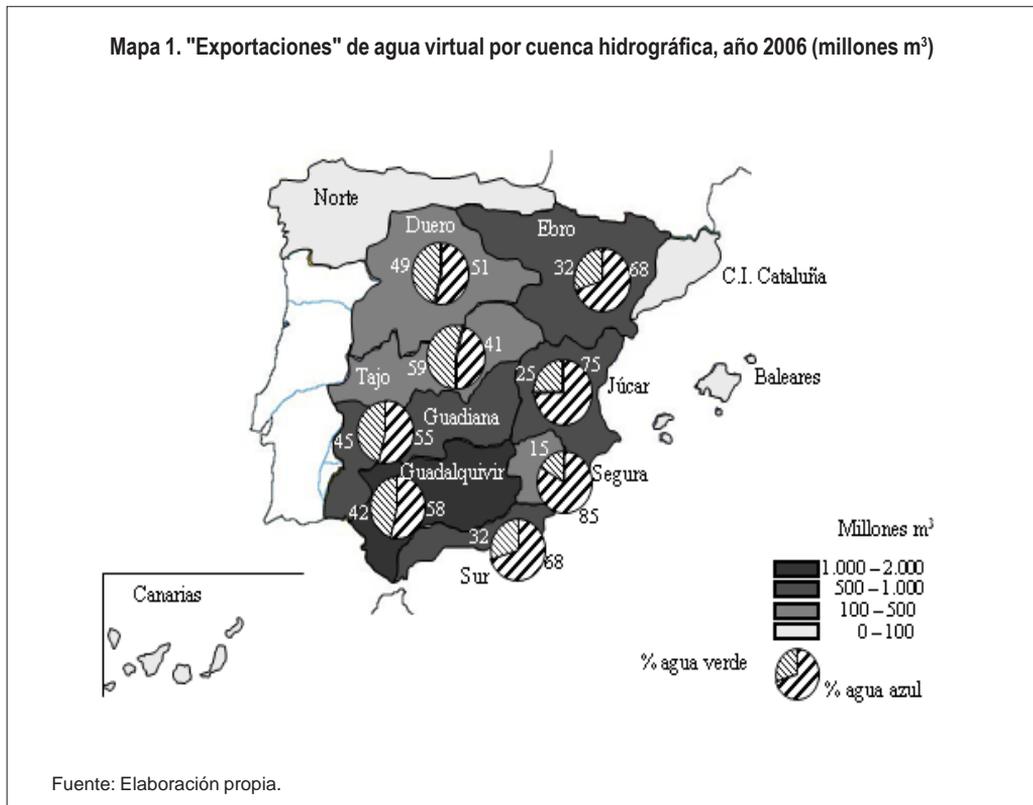
Gráfico 6. Principales 'importaciones' de agua virtual de cultivos por país de origen, 1997-2006 (millones m<sup>3</sup>/año)



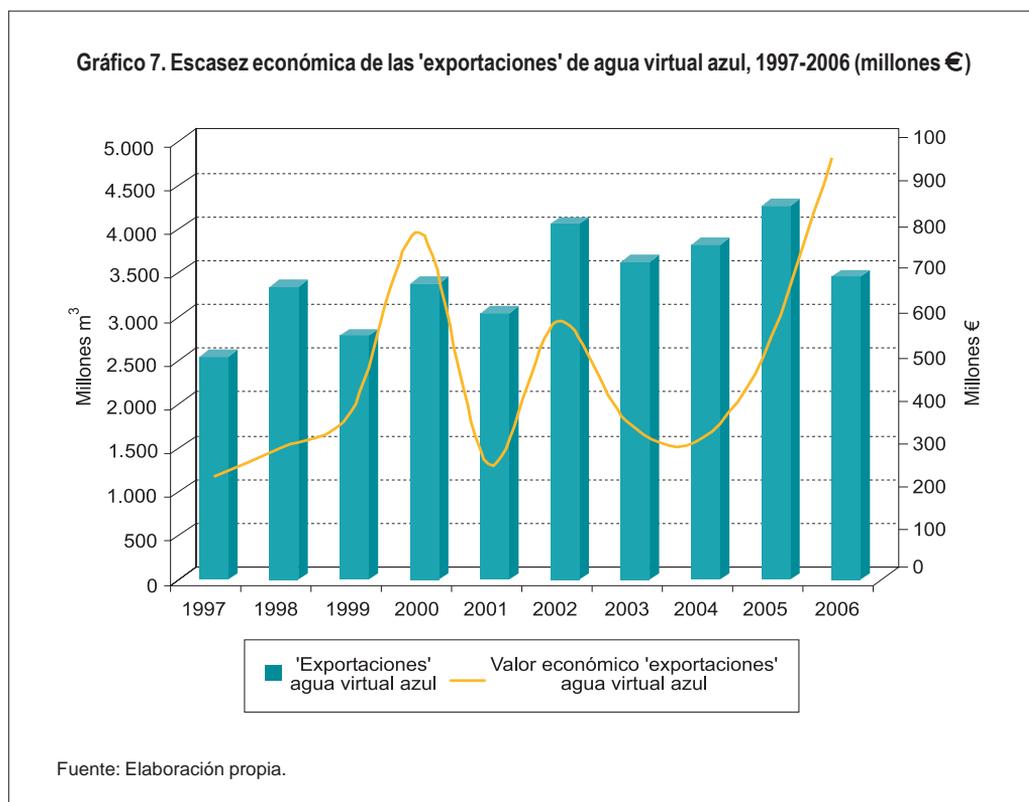
Fuente: Elaboración propia.

En el Mapa 1 se muestran las 'exportaciones' de agua virtual por cuenca hidrográfica, distinguiendo las "exportaciones" de agua virtual verde y azul. La cuenca del Guadalquivir es la principal "exportadora" de agua virtual, seguida del Júcar y Segura. Es importante señalar que las cuencas más áridas, especialmente las del Sudeste Mediterráneo, son las que más agua virtual azul "exportan" a través del comercio de frutas y hortalizas. En el caso del Guadalquivir, las "exportaciones" de agua azul representan alrededor del 60% de las "exportaciones" de agua virtual, ya que el aceite de oliva es el principal producto exportado y el olivar se cultiva fundamentalmente en seco.

Por tipo de producto, las "exportaciones" de agua virtual a través de los cítricos, hortalizas, vino y aceite de oliva son las que representan un mayor porcentaje. En el caso del vino y el aceite de oliva, a pesar de que en términos monetarios ambos productos presentan valores similares, su huella hídrica es muy diferente, siendo la del aceite de oliva casi 20 veces mayor que la de la uva.



La valoración económica del agua azul a su precio sombra permite asignar un coste de oportunidad a las "exportaciones" de agua virtual azul. Tal y como se muestra en el Gráfico 7, entre el año 1997 y 2006 las "exportaciones" de agua virtual azul han experimentado un ligero crecimiento, alcanzando su máximo en el año 2005. El valor de las "exportaciones" de agua virtual azul es más variable que el volumen "exportado". Esto se debe a que el coste de oportunidad del recurso puede triplicarse o incluso cuadruplicarse en aquellas cuencas en las que la escasez hídrica es más acusada, que además coinciden con las principales cuencas "exportadoras".

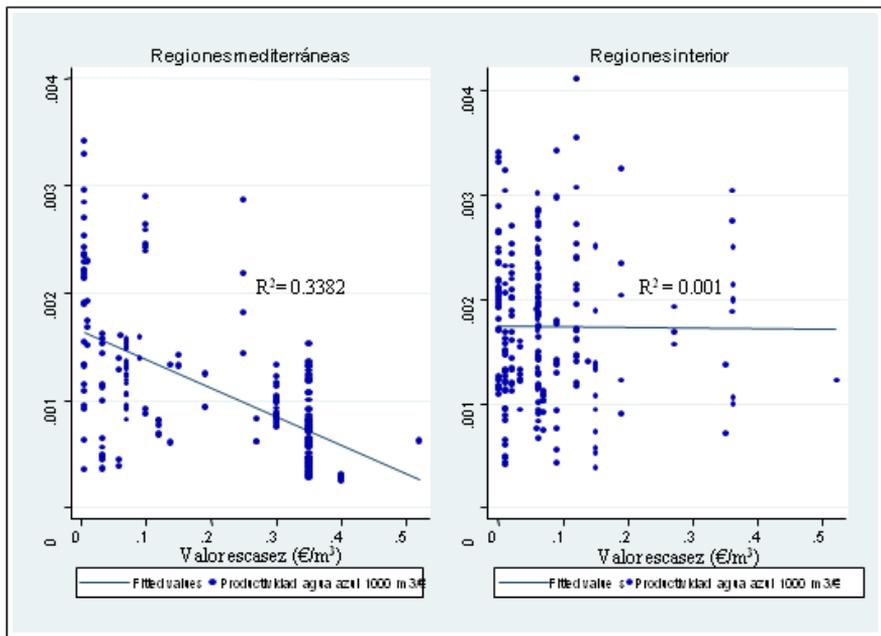


## 5. La productividad aparente vs. la escasez hídrica

En los estudios publicados, aumentos en la productividad del agua se han relacionado muy a menudo con un "ahorro" global de agua, dado que la productividad del agua es generalmente menor en los países importadores (Yang y Zehnder, 2008). Partiendo de la hipótesis de que los usuarios son más eficientes a medida que el recurso es más escaso, se analizan las variaciones temporales y espaciales del valor de escasez del agua y de su productividad. Para ello, todas las provincias españolas se clasifican en dos grupos: mediterráneas e interiores.

Tal y como se muestra en el Gráfico 8, la escasez de agua explica en gran medida la variación de la productividad del agua azul en las regiones mediterráneas, donde la productividad aumenta a medida que la escasez es mayor. Esto se debe, en parte, al mayor valor del agua azul utilizada para el riego de hortalizas y frutas, cultivados principalmente en estas regiones. En el caso de las de interior, la escasez hídrica tiene un papel poco relevante.

Gráfico 8. Productividad del agua azul en las provincias mediterráneas y de interior, período 1997-2006 ( $m^3/\text{€}$ )



Fuente: Elaboración propia.

Los Cuadros 3 y 4 resumen los principales resultados estimados para el modelo descrito en la sección 2.3:

**Cuadro 3. Productividad del agua azul en el regadío de las provincias mediterráneas, período 1997-2006<sup>1</sup>**

	<b>Coef.</b>	<b>Std. Err.</b>	<b>Elasticidad ey/ex</b>
Valor escasez ( $\beta_1$ )	- 0,0024598**	0,0001644	-0,4348179
Agua verde-azul ( $\beta_2$ )	0,000409	0,0002441	0,0411286
Constante $\alpha$	0,0015431**	0,0000585	--
Número de obs	190		
Número de grupos	19		
Períodos	10		
p<0,05*, p<0,01**			

<sup>1</sup> Alicante, Almería, Badajoz, Baleares, Barcelona, Cádiz, Castellón, Córdoba, Girona, Granada, Huelva, Jaén, Málaga, Murcia, Las Palmas, S.C. de Tenerife, Sevilla, Tarragona y Valencia.

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4. Productividad del agua azul en el regadío de las provincias de interior, período 1997-2006<sup>1</sup>**

	<b>Coef.</b>	<b>Std. Err.</b>	<b>Elasticidad ey/ex</b>
Valor escasez ( $\beta_1$ )	-0,0006582*	0,0003287	-0,0289396
Agua verde-azul ( $\beta_2$ )	-0,0035889**	0,0004572	-0,3184576
Constante $\alpha$	0,0022709**	0,0000769	--
Número de obs	220		
Número de grupos	22		
Períodos	10		
p<0,05*, p<0,01**			

<sup>1</sup> Albacete, Ávila, Burgos, Cáceres, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Huesca, León, Lleida, La Rioja, Madrid, Navarra, Palencia, Salamanca, Segovia, Soria, Teruel, Toledo, Valladolid, Zamora y Zaragoza.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos sugieren que la eficiencia en el uso del agua aumenta a medida que ésta es más escasa, pero sólo en aquellas regiones en las que su escasez es mayor y el uso de agua azul representa una proporción elevada del uso total. Se aprecia también que en las zonas mediterráneas la productividad del agua azul es mucho más sensible al valor de escasez que en las provincias de interior, siendo la elasticidad un orden de magnitud superior. La componente de agua verde-azul no tiene influencia en la productividad del agua en las mediterráneas, mientras que sí la tiene en las de interior, donde contribuye a complementar los aportes de agua azul. Cuando el agua de lluvia es importante, la productividad aparente del agua azul disminuye, porque se expande la producción de cultivos menos productivos, cereales y otros industriales fundamentalmente. Estos resultados confirman la necesidad de abordar el análisis de la asignación del agua de riego en las provincias de interior considerando conjuntamente la climatología y las necesidades de agua para riego.

## **6. Conclusiones**

La agricultura es el mayor consumidor directo de agua en España. Incluyendo secano y regadío, el uso consuntivo de agua en la agricultura se ha estabilizado en torno a 25.000-30.000 millones de m<sup>3</sup>. En términos monetarios, el comercio agrario experimentó un crecimiento entre los años 1997 y 2006, que no puede desligarse del incremento en "comercio" de agua virtual. En este sentido, el sector agrario muestra una clara dependencia de las "importaciones" de agua virtual a través del comercio de cereales y de las materias primas empleadas en la producción de pienso. De modo que, las "importaciones" de agua virtual tienen como objetivo fundamental abastecer un sector ganadero en expansión, que a su vez se ha convertido, en los últimos años, en exportador neto en términos monetarios y en agua virtual.

A la hora de valorar el contenido de agua virtual, las componentes verde y azul se han mostrado extremadamente variables entre cuencas, años y cultivos. La disponibilidad de agua verde está directamente relacionada con el nivel de precipitación y, por tanto, sujeta a fuertes variaciones espaciales y temporales. Así, en los años más secos de la serie el uso de agua verde es mínimo. En el caso del agua azul, el uso se mantiene estable a lo largo del período de estudio. Todo ello pone de manifiesto la capacidad amortiguadora de los embalses y reservas de agua subterránea ante episodios de escasez hídrica.

El presente estudio analiza en detalle las variaciones espaciales del uso del agua, la productividad, la huella y el 'comercio' de agua virtual. La diversidad entre cuencas hidrográficas es considerable. Sin embargo, en términos de productividad del agua la brecha entre las regiones mediterráneas y de interior ha ido disminuyendo debido al aumento de cultivos como el viñedo o el olivar en las provincias de interior. Ambos tipos de cultivos utilizan menos agua y, además, parte de sus necesidades se satisfacen con agua verde. Estas recientes transformaciones podrían cuestionar la racionalidad económica de trasvasar agua de las regiones interiores a las del Sureste mediterráneo, dado que la diferencia de productividades de agua entre la meseta Sur y la zona alta del Guadalquivir con el Sureste, aunque todavía grande, ha disminuido (ver Gil *et al.*, 2009). Por ello, la evaluación de la huella hídrica en términos tanto volumétricos como económicos ofrece información valiosa para el análisis de políticas de mercados agrarios e infraestructuras hidráulicas.

Los resultados econométricos indican que sólo en el caso de la agricultura de regadío una pequeña variación de la productividad del agua puede atribuirse a la escasez de agua. En el caso del secano, más vulnerable a los ciclos de sequía, las 'importaciones' de agua virtual reducen parcialmente los efectos de la escasez de agua. De este modo, el comercio agrario permite 'mover' virtualmente millones de metros cúbicos a un coste menor que el de movilizar los recursos internamente. El análisis también muestra que el valor económico de las 'exportaciones' de agua virtual varía significativamente entre años. Sin embargo, esta variación depende sólo del valor de las exportaciones de las provincias mediterráneas, es decir, de cuatro cuencas. Por ello, la escasez de agua, al menos desde la perspectiva española, no permite explicar el 'comercio' de agua virtual. A la vista de los resultados, se puede concluir que el paradigma de la escasez de agua describe de manera poco precisa el estado de los recursos hídricos en España.

El comercio es una herramienta esencial para asignar de manera eficiente los recursos. Los resultados sugieren que los países pueden aprovechar mejor sus ventajas competitivas si los recursos escasos, en este caso el agua, se pueden 'comerciar' virtualmente. El 'comercio' de agua virtual se puede considerar, por tanto, como una condición necesaria pero no suficiente para una mejor gestión de los recursos hídricos.

## Referencias bibliográficas

- Albiac, J., Hanemann, M., Calatrava, J., Uche, J., Tapia, J. (2006). "The Rise and Fall of the Ebro Water Transfer". *Natural Resources Journal*, 46: 727-757.
- Aldaya, M.M. y Llamas, M.R. (2008). "Water footprint analysis for the Guadiana river basin". *Papeles de Agua Virtual* No. 3. Fundación Marcelino Botín, Santander.
- Allan, J.A. (1997). "'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?". *Water Issues Group, School of Oriental and African Studies. University of London. London*. [electrónico] Disponible en: <http://www.soas.ac.uk/faculties/lawsocialsciences.cfm?navid=2811>
- Allan, J.A. (1999). "Water stress and global mitigation: water food and trade". *Aridlands newsletter*. [electrónico] Disponible en: <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln45/allan.html>
- Brouwer, C. y Heibloem, Y. (1986). "Irrigation water needs. Irrigation water management". *FAO Training Manual Nr. 3*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- CAWMA (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan. London.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2005). "Spot water markets and risk in water supply". *Agricultural Economics*, 33:131-143.
- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2004). "Water Footprints of Nations". *Value of Water Research Report Series No. 16*. UNESCO- IHE, Delft, the Netherlands.
- Dastane, N.G. (1978). "Effective Rainfall in Irrigated Agriculture". *FAO Irrigation and Drainage Paper*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Fernandes, C., Cora, J.E. y Araujo, J.A.C.D. (2003). "Reference evapotranspiration estimation inside greenhouses". *Scientia Agricola*, 3: 591-593.

- Fernández, M. D. (2000). "Necesidades hídricas y programación de riegos en los cultivos hortícolas en invernadero y suelo enarenado de Almería". *Universidad de Almería*. España.
- Garrido, A., Llamas, M.R., Varela-Ortega, C., Novo, P., Rodríguez-Casado, R. y Aldaya, M.M. (2009). "Water footprint and virtual water trade: policy implications". *Observatorio del Agua*. Fundación Marcelino Botín, Santander.
- Gil, M., Garrido, A. y Gómez-Ramos, A. (2009). "Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español" (En este volumen).
- Gómez-Limón, J.A. y Berbel J. (2000). "Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study". *Agricultural Systems*, 63:49-72.
- Harmato, S.V.M., Babel, M.S. y Tantau, H.J. (2003). "Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment". *Agricultural Water Management*, 71: 225-242.
- Hoekstra, A.Y. (2003). "Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade". *Value of Water Research Report Series No. 12*, UNESCO- IHE. Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, A.Y. y Chapagain, A.K. (2008). *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Blackwell Publishing. Oxford, UK.
- Hoekstra, A.Y. y Hung, P.Q. (2002). "Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade". *Value of Water Research Report Series No. 11*, UNESCO-IHE. Delft, the Netherlands.
- Iglesias, E., Garrido, A. y Gómez-Ramos, A. (2003). "Evaluation of drought management in irrigated areas". *Agricultural Economics*, 29:211-229.
- Iglesias, E., Garrido, A. y Gómez-Ramos, A. (2007). "Economic drought management index to evaluate water institutions' performance under uncertainty". *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 51:17-38.

- MAPA (2008). *Anuario de Estadística Agroalimentaria*. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. [electrónico] Disponible en: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>
- MMA (2007). *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas. Informe Integrado del Análisis Económico de los Usos del Agua*. Artículo 5 y Anejos II y III de la Directiva Marco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente, 290 pp.
- MMA (2008). *Boletín hidrológico*. [electrónico] Disponible en: [http://www.mma.es/portal/secciones/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/boletin\\_hidrologico/](http://www.mma.es/portal/secciones/aguas_continent_zonas_asoc/boletin_hidrologico/)
- Novo, P., Garrido, A. y Varela-Ortega, C. (2009). "Are virtual water 'flows' in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity?". *Ecological Economics*, 68: 1454-1464.
- Pulido-Velázquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A. y Pulido-Velázquez, D. (2008). "Hydro-economic river basin modelling: The application of a holistic surface-groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain". *Ecological Economics*, 66:51-65.
- Varela-Ortega, C. (2007). "Policy-driven Determinants of Irrigation Development and Environmental Sustainability: A Case Study in Spain". En: Molle F. y Berkoff, J. (Eds.): *Irrigation Water Pricing: The Gap Between Theory and Practice. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Series 4*, CABI publication. Wallingford UK y Cambridge USA: 328-346.
- Wichelns, D. (2001). "The role of 'virtual water' in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt". *Agricultural Water Management*, 49:131-151.
- Wichelns, D. (2004). "The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages". *Agricultural Water Management*, 66: 49-63.
- Yang, H. y Zehnder, A.J.B. (2008). "Globalization of Water Resources through Virtual. Water Trade". Comunicación presentada al *Rosenberg International Forum on Water Policy*, Zaragoza. [electrónico] Disponible en: <http://rosenberg.ucanr.org/documents/II%20Yang.pdf>



# Asignación del agua de regadío: Una comparación de reglas

*Renan-Ulrich Goetz, Yasmia Gromaches,  
Yolanda Martínez Martínez y Àngels Xabadia\**

## 1. Introducción

En el ámbito español, las políticas de gestión del agua en la agricultura más ampliamente tratadas en la literatura reciente son la modernización de regadíos, la tarificación del agua y la introducción de mercados. En concreto, numerosos trabajos han evaluado el potencial de las tarifas y los mercados de agua para la asignación de los recursos hídricos como fundamento de una nueva política de gestión del agua centrada en la demanda. Desde un punto de vista teórico, los mercados de agua son los que proporcionan la solución más eficiente desde una perspectiva económica. De hecho, su introducción ha sido considerada tradicionalmente como una medida que mejora de forma descentralizada la asignación de agua entre los usuarios atenuando los efectos de su escasez. Así, la principal justificación de los mercados es su capacidad para reasignar el agua hacia los usos con mayor potencial de beneficio, por lo que promueven una utilización más racional del recurso. En resumen, la literatura al respecto concluye que el mercado consigue asignar más eficientemente el agua que el resto de alternativas de gestión, induciendo a conseguir el máximo bienestar social. Véase el capítulo de Calatrava y Gómez-Ramos en este mismo libro para un mayor conocimiento sobre los mercados.

No obstante, la realidad muestra que los resultados empíricos de la aplicación de los mercados del agua distan mucho de ese ideal teórico, habiendo incluso empeorado la situación en algunos casos, como el de la cuenca del Murray-Darling en Australia (Bjornlund,

---

\* Los autores agradecen la financiación recibida del Ministerio de Educación y Ciencia, proyecto AGL2007-65548-C02-01.

2003). Ocurre que, a pesar de las ganancias potenciales del intercambio, las barreras institucionales, políticas o meramente físicas impiden muchos intercambios entre sectores. Del mismo modo, los altos costes de transacción están detrás de las dificultades para desarrollar mercados de agua locales de modo informal (Easter *et al.*, 1998). Por último, los problemas burocráticos y legales, como los derechos de agua mal definidos, pueden impedir igualmente cualquier solución de mercado (Calatrava y Garrido, 2005).

Por tanto, si los mercados no pueden ser introducidos ni desarrollados, una alternativa puede estar en las reglas propuestas en la literatura sobre reparto de costes y beneficios al modo de Moulin (2002), de los que también tenemos ejemplos aplicados en Aadland y Kolpin (2004) o en Dayton-Johnson (2000). Esta rama de la literatura supone que el regulador tiene información completa, por lo que todo lo que tiene que hacer es encontrar la distribución "justa". Sin embargo, en la asignación de agua es bien conocido que el regulador o planificador central realmente no dispone de suficiente información como para discernir si las peticiones de los usuarios se corresponden con sus verdaderas preferencias. Es decir, los agentes tienen marcados incentivos para actuar estratégicamente.

Ésa es precisamente la razón por la que otra rama de la literatura ha desarrollado reglas de asignación en el marco de la Teoría de la elección social que son resistentes a los comportamientos estratégicos (Barberà, 2005). En general, la aplicación de estas reglas cumple con los criterios paretianos básicos y consigue además equilibrar demanda y oferta. Sin embargo, la literatura existente en Economía del Agua no ha explorado aún el potencial de estas reglas de asignación del agua bajo información asimétrica e imperfecta, es decir, en un contexto similar a lo que observamos en la práctica (Goetz *et al.*, 2005 y Goetz *et al.*, 2008).

El objetivo de este capítulo es describir en qué consisten las reglas sociales de asignación del agua, cuáles son sus propiedades y cuáles pueden ser las ganancias de eficiencia con respecto al mecanismo de reparto vigente en la mayor parte de las comunidades de regantes españolas. Esta descripción se complementa con los resultados numéricos obtenidos en los trabajos de Goetz *et al.*, (2005), Martínez y Goetz (2007) y Goetz *et al.*, (2008) en una zona de regadío del valle del Ebro. En ellos se calcularon las ganancias de eficiencia de un hipotético mercado de agua en la zona, y se compararon con los niveles de eficiencia logrados con el mecanismo actual de reparto y con dos reglas desarrolladas en la Teoría de la elección social: la regla uniforme y la regla secuencial.

La estructura del capítulo es la siguiente: en el apartado 2 se describen los enfoques tradicionales y las reglas sociales de reparto; en el apartado 3 se presentan los resultados de la aplicación práctica y se comparan los tres métodos de reparto conforme a su eficiencia; finalmente, en el apartado 4 se exponen las conclusiones más importantes del capítulo y se proponen posibles líneas de investigación.

## 2. Eficiencia: Enfoques tradicionales y reglas sociales

En España, las decisiones clave de la gestión del agua para regadío se encuentran en manos de las Comunidades de Regantes, que son las encargadas de gestionar las dotaciones y de hacer llegar el agua a las parcelas a través de las redes secundarias. También son las que fijan las tarifas (por superficie y/o volumétricas), la organización de los riegos entre los usuarios mediante los turnos, el control del consumo y la vigilancia, las inversiones que se llevan a cabo en la zona regable, así como la decisión sobre eventuales cesiones del agua a otros usuarios. Estas entidades de derecho público reciben, generalmente de parte de los Organismos de Cuenca (Confederaciones Hidrográficas), las concesiones de agua correspondientes para llevar a cabo su gestión. El nivel anual de recursos hídricos de que dispone la cuenca determina las cantidades finalmente asignadas, y las Comunidades de Regantes reparten el agua a cada parcela siguiendo de manera mayoritaria un sistema de asignación proporcional a la superficie regada (*regla proporcional*)<sup>1</sup>.

El rígido sistema actual de concesiones permite a la mayoría de los regantes disponer de cantidades fijas de agua altamente subvencionadas, y que no trasladan ninguna señal de coste real o de escasez del recurso, de tal manera que si la tarifa volumétrica cobrada por el agua es inferior al valor marginal del uso del recurso en el cultivo menos rentable, el agricultor utiliza toda el agua que le es asignada. Como consecuencia de este sistema de reparto, la demanda de uso agrario está sobredimensionada porque hay una situación de racionamiento del recurso con precios muy bajos que generan un exceso de demanda.

---

<sup>1</sup> En muchas zonas regables de España existen excepciones al reparto proporcional en épocas de escasez, estableciéndose prioridades en el reparto del agua para proporcionar riegos de socorro a los cultivos leñosos.

La base principal sobre la que cabe replantearse la aplicación de reglas de reparto alternativas a la existente es la heterogeneidad entre los agentes que participan en la asignación, pues lógicamente si todos los agentes fuesen idénticos, el reparto proporcional sería un mecanismo perfectamente eficiente. La heterogeneidad en las explotaciones de una misma región o zona regable se origina por aspectos diversos, como factores técnicos (tipo de riego, características edafoclimáticas, etc.), empresariales (disponibilidad de capital, tamaño de la explotación, régimen de tenencia, etc.), o humanos (aversión al riesgo, edad y nivel de formación del agricultor, etc.). En último término, estos aspectos son los que determinan las decisiones sobre las superficies dedicadas a los distintos cultivos y, por tanto, la rentabilidad obtenida por el uso del agua en las distintas explotaciones.

La literatura cuenta con numerosos trabajos empíricos que señalan la posibilidad de mejoras económicas para los agricultores que participan en los mercados de agua, que se trasladan en mejoras sociales. Estas ganancias son especialmente elevadas cuando las disponibilidades de agua son reducidas, permitiendo moderar el impacto económico negativo que se da en situaciones de escasez (Miller, 1996). En el ámbito de la literatura española cabe citar los trabajos de Gómez-Limón y Arriaza (2000) y Arriaza *et al.*, (2002), en el contexto de la modelización multicriterio y localizados en zonas de riego del valle del Guadalquivir. Martínez y Gómez-Limón (2004) también utilizan esta metodología y la aplican a nivel de cuenca hidrográfica en el valle del Duero, considerando tres objetivos de gestión (maximización del margen bruto total, minimización del riesgo y minimización de la mano de obra total utilizada). El trabajo de Calatrava y Garrido (2005) utiliza la programación positiva, y Calatrava (2002) introduce en su análisis la influencia del riesgo económico en la actividad de los mercados agrarios del valle del Guadalquivir. Otros estudios en este campo son los de Pujol *et al.*, (2006) en las cuencas internas catalanas y el de Martínez y Goetz (2007) en el valle del Ebro. Todos estos trabajos, aunque con ciertas matizaciones, coinciden en señalar las teóricas ventajas económicas del mecanismo de mercado, lo cual contrasta con la escasa actividad de los mercados en la realidad.

## 2.1. Reglas sociales

La situación en la que un grupo de agentes debe repartirse un bien racionado con precio fijo ha sido analizada desde el punto de vista teórico en el marco de la literatura de la elección social (Benassy, 1982; Barberà y Jackson, 1995). En esta literatura, se considera la existencia de un planificador central que lleva a cabo el reparto del bien teniendo en cuenta las preferencias individuales de los agentes. Esta cantidad deseada del bien puede denominarse "asignación ideal". Sprumont (1991) propuso una *regla de asignación uniforme* que es anónima,<sup>2</sup> no manipulable y eficiente en el sentido de Pareto. La propiedad de no manipulabilidad de la regla uniforme significa que los agentes no pueden mejorar sus asignaciones expresando una porción deseada que no sea la verdadera, por lo que no tienen incentivos a engañar. Para que esto sea posible, tal como demuestra Sprumont (1991), es necesario que las preferencias de los agentes sean unimodales o de pico único con respecto a la porción deseada del bien racionado.<sup>3</sup> Las preferencias unimodales hacen posible diseñar la regla de reparto uniforme de tal manera que revelar la información correcta resulte económicamente mejor que engañar, aportando así el incentivo adecuado para el cumplimiento de la no manipulabilidad. A continuación, se describen el funcionamiento práctico y las características básicas de la regla uniforme.

La regla uniforme debe considerarse como inicio de la solución a partes iguales, pero corregida posteriormente para alcanzar eficiencia en el sentido de Pareto. En el Cuadro 1 se puede observar un ejemplo que ilustra el funcionamiento de esta regla de reparto. Una vez conocida la cantidad total disponible para repartir, el primer paso de la regla consiste en que los agricultores pueden manifestar su porción deseada o ideal de agua al planificador o gestor central. Para que el problema sea interesante, partimos de la situación en que la suma de las asignaciones ideales de agua de todos los agricultores es mayor que el agua total disponible. En principio, dado que la regla es anónima, a todos les correspondería, por hectárea, idéntica proporción del total disponible. Sin embargo, una vez conocidas las preferencias o peticiones de los usuarios, si existe algún agricultor que desea menor o igual cantidad de agua que la porción igualitaria que le corresponde, entonces se le

---

<sup>2</sup> En la literatura de la elección social el término "anónimo" no se refiere a que los individuos no revelan su identidad, sino a que todos los individuos son tratados como si fueran iguales, es decir, a que el reparto no discrimina a los agentes en función de sus características.

<sup>3</sup> Una preferencia es unimodal si existe una alternativa mejor a todas las demás, denominada "pico", tal que al alejarnos de ella en cualquier dirección encontramos alternativas menos preferidas.

asignará esa cantidad de agua ideal solicitada. Así, como los agricultores 2 y 3 desean menos cantidad de agua que la que tienen inicialmente garantizada, se les asigna la cantidad solicitada, 0,22 y 0,18 respectivamente. La cantidad adicional que se libera,  $1 - 0,22 - 0,18 = 0,60$ , queda disponible para repartirse a partes iguales entre el resto de los agricultores, con lo cual se determina una nueva cantidad "mínima" para estos agricultores. Si de nuevo alguno de ellos desea menor o igual cantidad que esta nueva porción, entonces se le asigna lo que pide. Así, en la segunda ronda el agricultor 4 obtiene la cantidad deseada de agua. Este procedimiento se repetirá hasta que todas las cantidades ideales de agua de los restantes agricultores sean mayores o iguales que la porción que les corresponde según este reparto igualitario. Con este reparto, en la tercera y última ronda, el agricultor 1 obtiene 0,33, correspondiente al agua sobrante, aunque ésta cantidad sea menor que el agua deseada inicialmente.

La propiedad de no manipulabilidad de la regla uniforme es una cuestión relevante para el funcionamiento correcto de la regla. Intuitivamente la no manipulabilidad de la regla uniforme reside en el hecho de que todos los agentes que piden menos que la porción igualitaria del bien o recurso (en nuestro caso de la cantidad total de agua) obtienen la cantidad de agua deseada. A medida que se va asignando el agua, queda menos para los agentes que piden más que su porción igualitaria. Así, los agricultores no pueden aumentar sus posibilidades de obtener la porción deseada sobrevalorando su demanda, es decir, los que reciben una cantidad menor a la deseada no pueden mejorar sus resultados engañando. En nuestro ejemplo del Cuadro 1, el agricultor 1 aunque solicite una cantidad mayor a 0,40, no va a poder cambiar su asignación final, que seguirá siendo de 0,33.

**Cuadro 1. Asignación del agua mediante la regla uniforme  
(cantidades en tanto por uno sobre el total de agua disponible)**

Asignaciones	Agricultores				Agua sin asignar
	1	2	3	4	
Porción deseada	0,40	0,22	0,18	0,27	1,00
Porción inicial garantizada	0,25	0,25	0,25	0,25	
Agua asignada 1ª ronda	0,00	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	0,00	0,60
Porción garantizada	0,30			0,30	
Agua asignada 2ª ronda				<b>0,27</b>	0,33
Porción garantizada	0,33				
Agua asignada 3ª ronda	<b>0,33</b>				0,00
Asignaciones finales	<b>0,33</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	<b>0,27</b>	

Fuente: Elaboración propia.

La regla uniforme puede resultar inapropiada cuando existen diferencias entre los agentes que se desean tener en cuenta en el reparto del bien, puesto que esta regla es anónima. Así, Barberà *et al.*, (1997) han propuesto otras reglas, llamadas secuenciales, que respetan la heterogeneidad de los agentes y mantienen las propiedades de eficiencia y no manipulabilidad de la regla uniforme. Por ejemplo, pueden existir situaciones en las que algunos agentes tengan prioridad en el uso del agua por motivos de antigüedad o por derechos históricos, o bien se desee priorizar el riego de algunos cultivos sobre otros. En esos casos la aplicación de la regla uniforme resultaría inadecuada, mientras que una regla secuencial sería viable y mantendría además las propiedades de eficiencia y no manipulabilidad.

Un ejemplo de la regla de reparto secuencial se puede observar en el Cuadro 2. La regla secuencial sigue un procedimiento similar al de la regla uniforme pero a diferencia de ésta, las cantidades iniciales garantizadas para los agentes no son idénticas para todos, sino que consideran la heterogeneidad entre ellos. En lo demás, la regla secuencial funciona con el mismo mecanismo descrito en la regla uniforme: los agentes cuyas porciones ideales sean menores o iguales que sus niveles garantizados recibirán lo que piden. Así, los agricultores 2 y 3 reciben en la primera ronda lo que han solicitado. La cantidad adicional que se libera quedará disponible para repartirse, respetando siempre el criterio de asimetría establecido inicialmente para determinar los niveles mínimos garantizados. La porción garantizada en la segunda ronda para los agricultores 1 y 4 es de  $0,45 = 0,6 \frac{0,3}{0,3+0,1}$  y  $0,15 = 0,6 \frac{0,1}{0,3+0,1}$  respectivamente. De esta forma, y al igual que

**Cuadro 2. Asignación del agua mediante la regla secuencial  
 (cantidades en tanto por uno sobre el total de agua disponible)**

Asignaciones	Agricultores				Agua sin asignar
	1	2	3	4	
Porción deseada	0,40	0,22	0,18	0,27	1,00
Porción inicial garantizada	0,30	0,35	0,25	0,10	
Agua asignada 1ª ronda	0,00	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	0,00	0,60
Porción garantizada	0,45			0,15	
Agua asignada 2ª ronda	<b>0,40</b>				0,20
Porción garantizada				0,20	
Agua asignada 3ª ronda				<b>0,20</b>	0
Asignaciones finales	<b>0,40</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	

Fuente: Elaboración propia.

sucede con la regla uniforme, los niveles mínimos se ajustan en cada etapa al alza y nunca se recibe menos agua de la mínima garantizada. En la segunda etapa el agricultor 1 recibe el agua deseada puesto que su porción deseada, 0,40, es inferior al agua garantizada en esta ronda, 0,45. El proceso se repetirá hasta que todas las cantidades ideales de agua de los restantes agricultores sean mayores o iguales que la porción que les corresponde según el reparto secuencial.

A partir de los Cuadros 1 y 2 se puede observar como, generalmente, las dos reglas de reparto conducen a distintas asignaciones finales.

### **3. Resultados de la aplicación: análisis de eficiencia**

La aplicación práctica del trabajo se basa en la figura del planificador central, que asigna el agua entre los usuarios de la región y cuyo objetivo es la maximización del beneficio agregado. En la línea de la mayoría de los trabajos existentes se optó por asumir un comportamiento maximizador del beneficio en contexto de certidumbre, siguiendo una hipótesis clásica de la Teoría económica. Aunque se podría argumentar que las decisiones de los productores agrarios no se ajustan por completo al principio de maximización del beneficio, sino que están también condicionadas por aspectos sociales, culturales y ambientales difíciles de cuantificar, la consideración de otros aspectos interferiría con el objetivo de la maximización del beneficio del agricultor y no permitiría aislar en qué grado la aplicación de los distintos métodos de reparto afecta al cambio en sus beneficios netos.

El análisis se aplicó a una zona del regadío de Aragón. La superficie estudiada comprende dieciséis municipios de las comarcas de Hoya de Huesca y Monegros (Huesca), con una extensión de 67.841 ha, de las que 45.898 ha son tierras de regadío. El número de explotaciones agrarias de la zona es de 1.768, el 60 por ciento de las cuales tiene un tamaño de unas 20 ha. Los cultivos más importantes de la zona son el maíz, la alfalfa, los cereales de invierno (trigo y cebada), el arroz y el girasol.

En el caso del sistema de regadío de Monegros, Riegos del Alto Aragón es el organismo encargado de la asignación del agua a las comunidades de regantes de la zona. Estas comunidades de regantes disponen de una dotación bruta de agua que les llega a través de dos grandes canales: el canal de Monegros y el canal del Cinca, que se abastecen de los pantanos de La Sotonera y de El Grado, respectivamente. La cantidad bruta

normal suministrada en cabecera oscila entre 6.000 y 9.000 m<sup>3</sup>/ha, en función de la disponibilidad de agua existente cada año. Una descripción más detallada del área y de los datos, así como del modelo completo utilizados puede encontrarse en Goetz *et al.*, (2005).

En nuestro análisis numérico consideramos 5 tipos de explotaciones con idéntica extensión de superficie cultivable, pero heterogéneas en su función de producción, con el fin de analizar la influencia que tienen las diferencias entre las explotaciones sobre la eficiencia económica de las distintas reglas. Aunque los aspectos que originan la heterogeneidad en las explotaciones de una misma región son diversos, en el caso concreto de la zona de estudio escogida se optó por definir como principal factor de heterogeneidad la diferencia en la producción (rendimiento) por hectárea de los cultivos, causada por las distintas características de los suelos de la zona.<sup>4</sup> Así, simulamos 3 escenarios distintos de heterogeneidad, de forma que las explotaciones tienen diferencias entre sí en su productividad de un 5, 15 y 30 por ciento.

Para comparar la eficiencia alcanzada en cada método de asignación se estimaron las funciones de beneficio de las explotaciones, que siguen una especificación cuadrática que depende de la cantidad de agua asignada y de la tarifa pagada por el agua (en euros/m<sup>3</sup>). Estas funciones de beneficio son unimodales o de pico único.

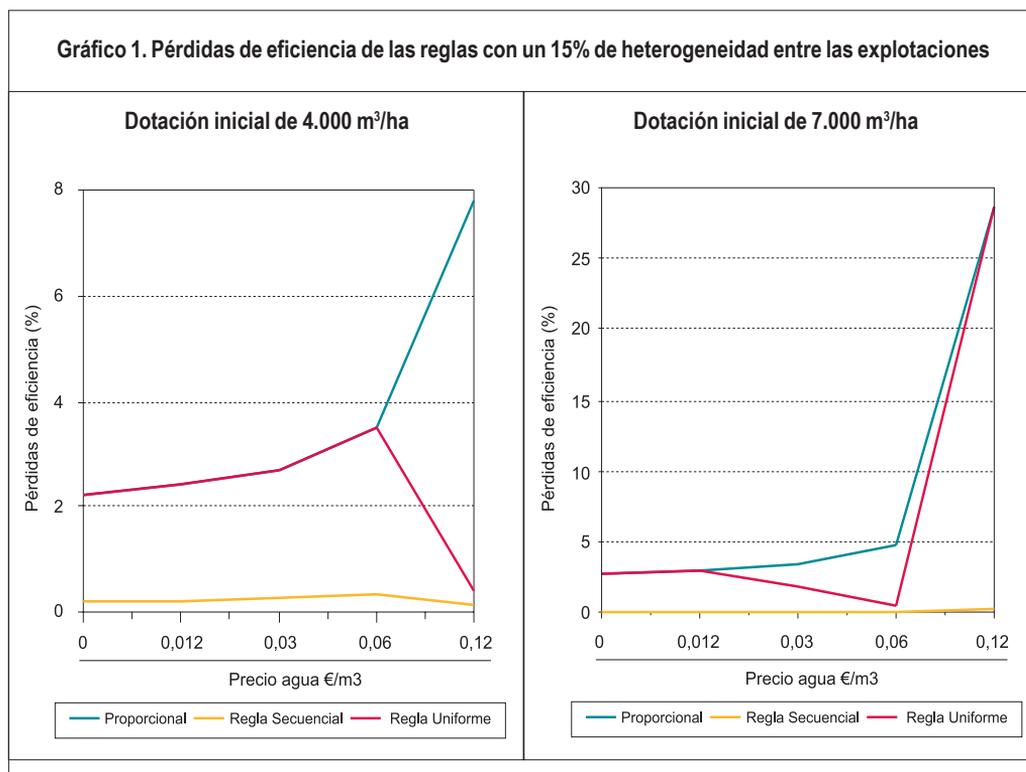
El modelo bioeconómico se ha programado en GAMS (General Algebraic Modelling System, Brooke *et al.*, 1998) y se ha resuelto mediante el algoritmo CONOPT2 para obtener los beneficios de los agricultores. El sistema de mercado nos servirá como referencia para comparar los resultados obtenidos de la asignación con las reglas proporcional, uniforme y secuencial. Para ello se ha comparado la pérdida de eficiencia de estas reglas con respecto al mercado considerando, además de los distintos niveles de heterogeneidad de las explotaciones que intervienen en el reparto, distintos niveles de tarifas del agua y distintas dotaciones iniciales del recurso. Independientemente de la regla de asignación, las explotaciones deben pagar la tarifa por toda el agua que se les ha asignado. En el caso de la situación de mercado, los agricultores pagan el precio de equilibrio del mercado de agua.

---

<sup>4</sup> Esta decisión se fundamenta en el trabajo de Nogués (2000) que estableció una diferenciación de los suelos de la zona en función de su capacidad productiva para estudiar el distinto potencial productivo y contaminante de los suelos de la región de estudio para el caso del maíz (Martínez y Albiac, 2006).

Comparando la suma de los beneficios netos de todas las explotaciones se observa que la asignación de agua a través del mercado es más eficiente que cualquiera de las otras reglas de asignación. Así, la pérdida de beneficios netos agregados de las reglas se ha calculado como el porcentaje respecto a los obtenidos con el mercado. El Gráfico 1 ilustra las pérdidas de eficiencia con respecto al mercado obtenidas para las dotaciones iniciales 4.000 y 7.000 m<sup>3</sup>/ha (escasez de agua severa y moderada en relación con la dotación habitual en esta área), cuando la heterogeneidad considerada entre las explotaciones agrícolas es de un 15%. En primer lugar cabe destacar el grado de exactitud de los resultados de la regla de reparto proporcional con la regla uniforme, de tal manera que en situaciones de bajos precios del agua las pérdidas de eficiencia de ambas reglas con respecto a la situación de mercado son las mismas. Esto es así porque con la regla uniforme los agricultores tienen una cantidad garantizada de agua que coincide con la porción que se obtiene si se hace un reparto a partes iguales cuando las explotaciones tienen las mismas hectáreas. Las diferencias entre ambas reglas de asignación surgen

Gráfico 1. Pérdidas de eficiencia de las reglas con un 15% de heterogeneidad entre las explotaciones



cuando alguno de los usuarios tiene una preferencia óptima inferior a la solución a partes iguales, en cuyo caso la regla uniforme reasigna la parte sobrante de forma igualitaria entre los restantes usuarios.

En general se ha comprobado que la regla secuencial es la que menores pérdidas de eficiencia provoca con respecto al mercado, e incluso puede representar una buena alternativa a éste cuando los precios del agua son altos y la heterogeneidad entre las explotaciones es mayor. Además, cuando la dotación está en el rango de valores habitual, la regla uniforme conduce a pérdidas de eficiencia más moderadas que la regla proporcional e incluso en algunos casos estas pérdidas son prácticamente nulas con respecto a la solución que aporta el mercado.

#### **4. Conclusiones: ¿son viables las reglas sociales en la realidad?**

Las reglas de elección social se basan en la hipótesis de que la propiedad del agua es pública. La distinción entre derechos de propiedad y derechos de uso sobre el agua no es relevante ya que las reglas están diseñadas para repartir el agua a un precio fijo y cuando los mercados de agua en la zona no están activos. En consecuencia, hemos limitado nuestra comparación empírica al caso en el que no existen mercados y no puede almacenarse agua de un periodo a otro. En este caso podemos obtener conclusiones respecto a cada método de asignación.

Nuestra aplicación de las reglas se limita al reparto dentro de una misma comunidad de regantes. Las comunidades de regantes son instituciones que durante décadas han establecido mecanismos de reparto del agua en función de un conjunto de múltiples y complejos factores, como la heterogeneidad de intereses, tradiciones, factores sociales, costes de transacción, expectativas de incrementos o disminuciones del agua disponible, criterios de justicia en el reparto, etc. El reparto resultante de todo ello puede en definitiva ser un "mínimo común denominador" que tiene la gran virtud de generar el mínimo conflicto de intereses entre los agricultores, aunque quizá no maximiza el bienestar económico total de la comunidad (Calatrava y Garrido, 2006). Si existe suficiente agua para todos y los precios administrativos son bajos, una asignación menos eficiente en términos económicos como la actual regla proporcional puede no provocar conflictos de interés. Sin embargo, en situaciones de escasez severa y/o altas tarifas volumétricas del agua (tal como

está impulsando la Directiva Marco del Agua), los conflictos entre los agricultores pueden surgir más fácilmente, y ello puede favorecer la adopción de nuevos esquemas de reparto. En particular, si la comunidad de regantes es de nueva creación, puede esperarse que los mecanismos de reparto se establezcan con criterios de eficiencia económica que traten de equilibrar los diferentes intereses de los agricultores.

Con respecto a los posibles costes de transacción derivados de la transición del cambio en el mecanismo de reparto, las reglas sociales presentan la ventaja de preservar la estructura organizativa y el funcionamiento general de las actuales comunidades de regantes, por lo que no existen costes de negociación como los inherentes a la introducción de los mercados de agua, ni tampoco hay una variación en la definición de los derechos de agua con respecto a la situación actual. Además, el algoritmo de implantación de las reglas sociales propuestas carece de complejidad técnica.

Los costes derivados del cambio son difíciles de evaluar. Dada la inercia de un sistema social con un mecanismo de toma de decisiones tan complejo, resulta muy difícil predecir si un cambio en el mecanismo de reparto será o no aceptado por una comunidad de regantes y si mejorará la situación con respecto al existente. Un análisis de ese tipo requiere un enfoque distinto al que hemos presentado aquí. Sin embargo, desde el punto de vista de la eficiencia global del mecanismo de reparto, e independientemente de las consecuencias individuales, el análisis muestra que las reglas tienen capacidad para mejorar la eficiencia sin variar la estructura organizativa y el funcionamiento general de las comunidades de regantes.

Las reglas sociales se han desarrollado para situaciones que suponen una escasez del recurso, y por tanto en la literatura se parte del supuesto de que el recurso se debe repartir totalmente entre los agentes. Bajo este supuesto, si la situación no es de escasez y la dotación de agua es grande, algunos agricultores pueden acabar disponiendo de porciones superiores a su ideal, y pagarían el precio administrativo también por el exceso de agua. No obstante, como el regulador conoce las porciones demandadas de los agricultores el problema de exceso de asignación podría evitarse en la práctica reduciendo la asignación inicial. Así, la comunidad de regantes podría no utilizar el agua sobrante y dejarla correr por el canal o reservarla para años de escasez, con lo que disminuirían los costes de distribución del agua en la comunidad de regantes.

Del análisis realizado surgen posibles extensiones. Hasta ahora se ha trabajado con datos representativos para un área. Se propone como línea futura evaluar las diferentes reglas de asignación utilizando datos reales. Lo que sería interesante estudiar es en qué manera la eficiencia de las diversas reglas de asignación cambia con los nuevos datos: si cambia la magnitud de las diferencias respecto a la eficiencia de las distintas reglas y en su caso en qué medida lo hace; y si se altera o no el ranking en la eficiencia de las distintas reglas de asignación.

Al introducir una nueva regla de asignación seguramente hay agricultores que ganan y agricultores que pierden en comparación con la situación existente. Suponiendo que los ganadores votan a favor y los perdedores en contra de la adopción de la nueva regla de asignación, se puede ver qué posibilidades existen para que la comunidad de regantes adopte la nueva regla, esto es, si la aprobación requiere sólo la mayoría simple (mitad más uno de los votos) o bien otro tipo de mayoría. Se podría evaluar qué tipo de mayoría se requiere para que la regla sea adoptada por los agricultores.

La votación es una de las reglas de elección social, pero existen muchas más. En un futuro, se podría analizar la posibilidad de adopción de una nueva regla por la comunidad de regantes y su estabilidad evaluada con otras reglas de elección social, no solamente la votación. También podrían aplicarse las reglas al reparto del agua entre diferentes comunidades de regantes pertenecientes a un mismo sistema de explotación.

## Referencias bibliográficas

- Aadland, D. y Kolpin, V. (2004). "Erratum to "environmental determinants of cost sharing"". *Journal of Economic Behavior & Organization*, 55:105-121.
- Arriaza, M., Gómez-Limón, J.A. y Upton, M. (2002). "Local water markets for irrigation in southern Spain: a multicriteria approach". *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 46:21-43.
- Barberà, S., editor. (2005). *Strategy Proofness*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Barberà, S. y Jackson, M. (1995). "Strategy-Proof Exchange". *Econometrica*, 63:51-88.
- Barberà, S., Jackson, M. y Neme, A. (1997). "Strategy-Proof allotment rules". *Games and Economic Behavior*, 18:1-21.
- Benassy, J. (1982). *The Economics of Market Disequilibrium*. Academic Press, New York.
- Bjornlund, H. (2003). "Farmer participation in markets for temporary and permanent water in southeastern Australia". *Agricultural Water Management* 63: 57-76.
- Brooke, A., Kendrick, D., Meeraus, A. y Raman, R. (1998). *GAMS: A User's Guide*. GAMS Development Corporation, Washington DC.
- Calatrava, J. (2002). Los mercados de agua en la agricultura y el riesgo económico: una aplicación en el valle del Guadalquivir. Tesis doctoral. ETSIA Madrid.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2005). "Modelling spot water markets under uncertain water supply". *European Review of Agricultural Economics*, 32:119-142.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2006). "Difficulties in adopting formal water trading rules within users' associations". *Journal of Economic Issues*, 40: 27-44.
- Dayton - Johnson, D. (2000). "Choosing rules to govern the commons: a model with evidence from Mexico". *Journal of Economic Behavior & Organization*, 42:19-41.

- Easter, W., Rosegrant, M. y Dinar, A., editores. (1998). *Markets for Water: Potential and Performance*. Kluwer Academic Publishers, Boston MA.
- Goetz, R.U., Martínez, Y. y Rodrigo, J. (2005). "Eficiencia de las reglas de asignación de agua en el regadío: asignación a través de mercados, de la regla proporcional y de la regla uniforme." *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9:115-138.
- Goetz, R.U., Martínez, Y. y Rodrigo, J. (2008). "Water allocation by social choice rules: The case of sequential rules". *Ecological Economics*, 65:304-314.
- Gómez-Limón, J.A. y Arriaza, M. (2000). "Mercados locales de agua de riego. Una modelización multicriterio en el Bajo Guadalquivir". *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 188:135-164.
- Martínez, Y. y Albiac, J. (2006). "Nitrate pollution control under soil heterogeneity". *Land Use Policy*, 23: 521-532.
- Martínez, Y. y Goetz, R.U. (2007). "Ganancias de eficiencia versus costes de transacción de los mercados de agua". *Revista de Economía Aplicada*, XV:5-26.
- Martínez, Y. y Gómez-Limón, J.A. (2004). "Simulación multicriterio de mercados de agua de regadío: el caso de la cuenca del Duero". *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 202:101-135.
- Miller, K.A. (1996). "Water banking to manage supply variability". En Hall, D.C. (Ed.): *Advances in The economics of Environmental Resources*. Vol.1. *Marginal Cost rate Design and Wholesale Water Markets*. JAI Press, Greenwich, Connecticut: 185-211.
- Moulin, H. (2002). "Axiomatic Cost and Surplus Sharing". En K., Arrow, Sen, A.y Suzumara, K. (Eds.): *Handbook of Social Choice and Welfare*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Nogués, J. (2000). Mapa de suelos (E 1/25.000) de Barbués y Torres de Barbués (Huesca). *Aplicaciones para modernización de regadíos*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación. Zaragoza.

- Pujol, J., Berbel, J., Ramírez de Cartagena, F., Viaggi, D. y Raggi, M. (2006). "Evaluation of markets for irrigation water in the internal river basins of Catalonia, Spain". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4:3-16.
- Sprumont, Y. (1991). "The division problem with single peaked preferences: a characterization of the uniform allocation rules". *Econometrica*, 59:509-519.

# El coste financiero en la DMA. Tarifas sobre el uso del agua en agricultura

*Jorge Bielsa, Ignacio Cazcarro, Étienne Groot  
y Julio Sánchez Chóliz*

## 1. Introducción

La Directiva 2000/60/CE, también conocida como "Directiva Marco del Agua" (en adelante DMA) supone un cambio sustancial para la gestión del agua en Europa, especialmente si pensamos en los países mediterráneos. La DMA plantea la recuperación de los costes, con carácter instrumental y no finalista, y finalmente no introdujo la recuperación plena de costes. Los costes a los que hace referencia comprenden los costes ambientales, los costes del recurso, y los costes financieros por el uso del agua, entendidos estos últimos como los desembolsos realizados por el sector público para la provisión de los recursos hídricos. En efecto, a pesar de ciertas deficiencias técnicas y ambigüedades (Embid, 2007), la DMA se plantea la autosuficiencia financiera de los servicios del agua como forma de preservar el recurso, dado que los bajos precios (subvencionados) no reflejan su escasez real.

La correcta adaptación de los principios de la DMA implica conocer cómo se está repercutiendo actualmente los costes financieros a través del Canon de Regulación y de la Tarifa de Utilización del Agua que se definen en la legislación española vigente (Ley de Aguas de 1985 con sus diferentes modificaciones posteriores). Por otra parte, los usuarios (principalmente los agricultores) están preocupados por saber qué puede suponer para sus explotaciones la repercusión íntegra de estos costes a la que se refiere la DMA. Este documento pretende aportar algo de método y de información en ambos frentes: qué es y cómo debería funcionar la legislación vigente en materia económica (sección 2), y

qué suponen para una explotación agraria esos pagos en relación con el resto de costes asociados a la misma (sección 3). En el primer frente nos detendremos en aspectos concretos de la Ley de Aguas de 1985 (LAG) sobre el Canon de Regulación (CR) y la Tarifa de Utilización de Agua (TUA). En el segundo se tratará de calcular las cuantías a pagar por parte de los regantes por el agua (cantidad que incluirá el pago del CR y la TUA), y por otros costes de explotación. Para ellos se realiza una aplicación empírica centrada en la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón (CGRAA). Concluimos con una compilación de las ideas y datos más relevantes.

## 2. Canon de regulación y tarifa de utilización del agua

### 2.1. Definiciones, cálculo del coste de la inversión y amortización técnica

De acuerdo con Maestu y Villar (2007), son muchos los servicios de agua (Embalses y transporte en alta; Extracción de aguas subterráneas; Abastecimiento urbano; Recogida de aguas residuales urbanas; Tratamiento de estas aguas; Distribución de agua de riego; Control de vertidos), y existen otros tantos instrumentos para la recuperación de costes, aunque en los párrafos que siguen nos centramos especialmente en el Canon de Regulación (CR) y la Tarifa de Utilización de Agua (TUA). Estos son los instrumentos de recuperación de los costes generados por el servicio de embalses y transporte de aguas superficiales, cuyos agentes competentes o financiadores son los Organismos de Cuenca, Sociedades Estatales u otros agentes públicos. Por tanto, en esta aproximación no evaluamos ni los costes ambientales ni los del recurso, sino que nos centramos en aquellos costes que son lo que la DMA denomina "costes financieros".

El *Canon de Regulación* (CR) es un tributo que se cobra a los usuarios que aprovechan los recursos captados por las presas y embalses, cuyo titular son los organismos de cuenca. Como veremos a continuación, un porcentaje lo afronta el Estado, ya que las infraestructuras de regulación prestan también servicios de bien público tales como la laminación y control de avenidas, o encauzamientos. Por su parte, la *Tarifa de Utilización de Agua* (TUA) se cobra a los usuarios que utilizan los canales u otras infraestructuras de transporte de agua que realizan los Organismos de Cuenca.

En ambos casos, la cuantía de cada exacción se fija para cada ejercicio presupuestario, como viene especificado en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH, 1986) sumando las cantidades a), b) y c) para el canon, y de otros tres valores a), b) y c) para la tarifa (Maestu y Villar, 2007):

- a) La previsión de gastos de funcionamiento y conservación de las obras o estructuras realizadas (referentes a la regulación en el caso de CR).
- b) Los gastos de administración del Organismo Gestor imputables a las obras, los cuales se deducirán también del ejercicio Presupuestario correspondiente.
- c) El 4% de las inversiones realizadas por el Estado, debidamente actualizado teniendo en cuenta la amortización técnica de las obras e instalaciones y la depreciación de la moneda. El valor c) del canon se destina a las inversiones en regulación (redacción de los proyectos, construcción de obras, expropiaciones o indemnizaciones necesarias y en general, gastos de inversión), mientras que el de la tarifa viene de las inversiones en otras infraestructuras (canales de distribución, gastos de concentración, acequias, ...).

Dado que los valores previstos, tanto de a) como de b), pueden ser distintos a los reales, la Ley obliga a incorporar en cada ejercicio la desviación incurrida en el ejercicio anterior. Además, las obras pueden ser declaradas de interés general, en cuyo caso los usuarios del agua pagarán solamente el porcentaje que no corresponda a este interés.

En cuanto al valor c), debe aclararse que el período total de amortización técnica para las inversiones se fija en  $N$  años, durante los cuales persiste la obligación del pago del CR. La base imponible ( $Bl$ ) se obtendrá restando de la inversión total la amortización técnica lineal durante dicho período:

$$Bl_n = \frac{[(N - n + 1) * IE]}{N} \quad [1]$$

Donde  $Bl_n$  es base imponible en el año  $n$ ,  $N$  el período total de amortización técnica, fijado en 50 para las obras de regulación y 25 para las obras específicas, e  $IE$  es la parte recuperable de la inversión estatal. La anualidad del año  $n$  será el 4% de la  $Bl_n$  calculada en [1]. La  $Bl_n$  se ha de actualizar mediante la aplicación sucesiva a esta base de los

incrementos monetarios experimentados cada año, cuando hay un exceso sobre el 6% del interés legal del dinero vigente en la anualidad transcurrida, entendiéndose que es:

$$VABI_n = BI_n * \left[ 1 + \frac{(IL_n - 6)}{100} \right]^n \quad [2]$$

Donde  $VABI_n$  es el valor actualizado de la  $BI_n$ , e  $IL_n$  es el interés legal del año  $n$  (en porcentaje).

Por otra parte, la anualidad de las obras anteriores a la Ley de Aguas de 1985, si no había depreciación de la moneda, estaban dada por:

$$A_n = \frac{IE * (1 + I)^n * I}{(1 + I)^n - 1} \quad [3]$$

Donde  $A_n$  la anualidad del año  $n$ , e  $I$  es la tasa de interés (1,5% para las inversiones de creación de nuevos regadíos, y 2% para las de mejora). Este es un sistema de amortización de cuota constante con un tipo de interés implícito  $I$ .

Así, para las obras realizadas por el Estado con el régimen económico anteriormente vigente, el periodo pendiente de pago será el resultante del régimen fijado en su día para la financiación de las obras. Las anualidades restantes por satisfacer serán las correspondientes a dicho régimen de financiación, pero sujetas a una actualización porcentual acumulativa, en función de la amortización y la depreciación de la moneda:

Donde  $VAA_n$  es el valor actualizado de la anualidad en el año  $n$  y  $\delta$  el porcentaje de amortización técnica, fijado en el 4%.

$$VAA_n = A_n \left( 1 + \frac{(IL_n - 6) - \delta}{100} \right) \quad [4]$$

Por lo tanto,  $\delta$  sólo se aplica para las anualidades restantes por satisfacer de las obras anteriores a la Ley de Aguas de 1985. Las anualidades satisfechas, tenían un sistema de cálculo previo a 1985 llevaba un tipo de interés implícito de un 1,5 a un 2%. Sin

embargo, actualmente, la LAg establece un sistema nuevo para las obras de nueva creación en el que se limita la posibilidad de aplicar tipo de interés a la amortización a aquellos casos en los que el tipo de interés legal del dinero supere el 6%.

Esta nueva configuración, aunque pudo tener algún sentido en el momento de redactar la Ley, carece de cualquier lógica económica en un país con tipos de interés y tasas de inflación por debajo del 5%, como es el caso de España desde su incorporación al Euro. Si el objetivo es recuperar el valor real de la inversión, el tipo de interés aplicable sería una estimación de la inflación a largo plazo. Si se entiende que el capital público debe amortizarse con un tipo de interés real positivo, podría usarse algún indicador de los tipos de interés legales del dinero a largo plazo, en vez de descontar un valor (6%) sobre esa magnitud, tal como plantea la LAg.

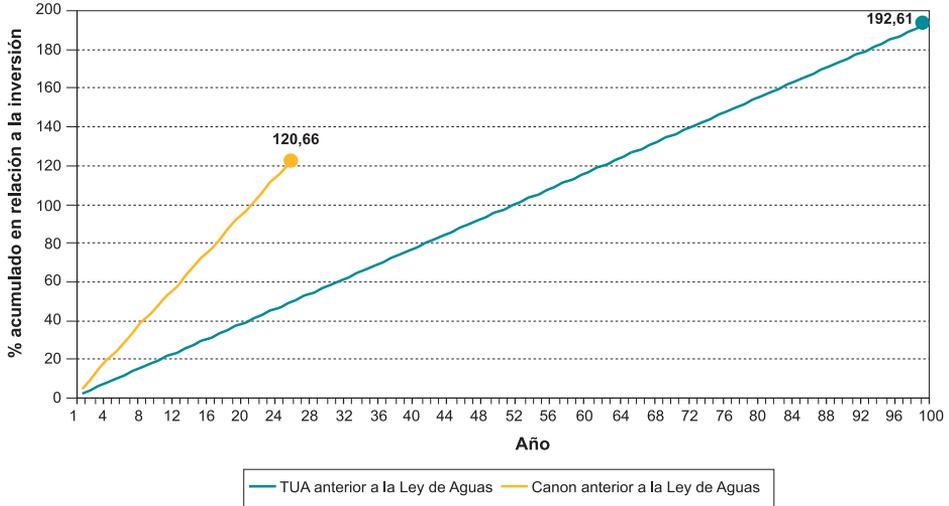
El cálculo del valor c) del CR se divide en una parte asociada con las inversiones anteriores a la Ley de Aguas, sin actualizaciones, pues en los años estudiados el interés legal fue inferior al 6%, y otra a las posteriores.

El cálculo de c) de la TUA también debería dividirse en dos partes, pero en la práctica en la zona objeto de estudio considerada para la aplicación empírica sólo se paga con los criterios anteriores a la Ley. En general, el periodo de pago N es de 25 años, pero en el caso de los regantes de la CGRAA, por derechos adquiridos, el plazo es de 100 años.

Como vemos en el Gráfico 1, si no se considera la inflación para las inversiones previas a la Ley de Aguas, el pago acumulado está siempre por encima de la inversión inicial, en 192,6% de la inversión inicial para las obras específicas, y en 120,7% por las de regulación. Si nos fijamos en el Gráfico 2, con los criterios de la Ley de Aguas el Estado recupera el 52% de las inversiones en obras específicas en los 25 años fijados y el 102% en obras de regulación a los 50 años, por lo que se recuperarían los costes financieros sólo si la inflación hubiera sido nula.

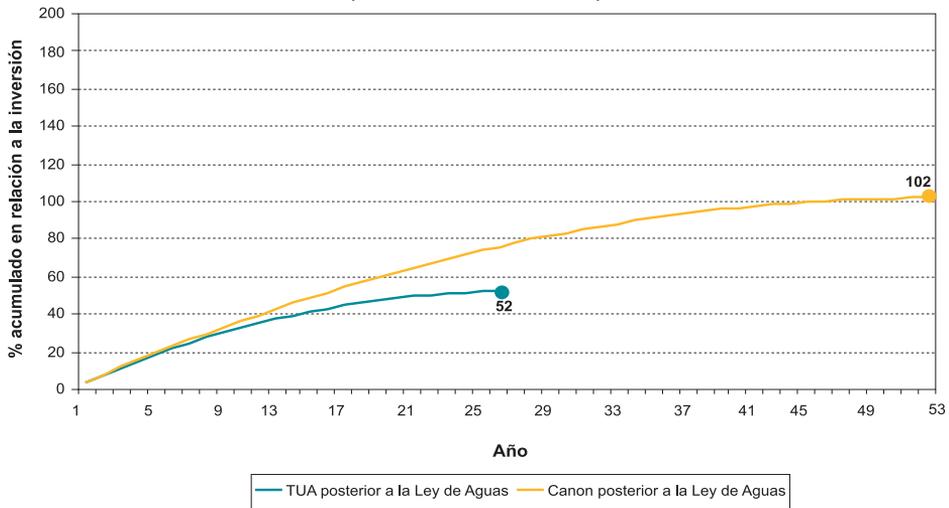
Por lo tanto, con los criterios posteriores a la Ley de Aguas se recupera (notablemente) menos (en las tarifas) la inversión, alejándose de la DMA. En cualquier caso el sistema de tarifas sugerido por la Ley de Aguas no se está usando en nuestra zona de estudio en la práctica. La principal carencia de este cálculo es no tener en cuenta la pérdida de poder adquisitivo del dinero, cosa que si ocurría, al menos parcialmente, en el sistema antiguo. Por tanto, para aproximarnos a los criterios de la DMA en los cálculos de tarifas y tasas, parece razonable que se incorpore algún tipo de actualización monetaria real.

**Gráfico 1. Antes de la Ley de Aguas: Inversión recuperable por el Estado a través del valor c (sin contar con la inflación)**



Fuente: Groot y Sánchez Chóliz (2006).

**Gráfico 2. Después de la Ley de Aguas: Inversión recuperable por el Estado a través del valor c (sin contar con la inflación)**



Fuente: Groot y Sánchez Chóliz (2006).

### **3. Aplicación. La Comunidad General de Riegos del Alto Aragón**

#### **3.1. Estudios previos sobre el cálculo del CR, la TUA y el coste de riego (CRI)**

Es ya amplia la literatura acerca de los objetivos e ideas detrás de la DMA y las advertencias sobre lo que supone la recuperación de costes. Algunos ejemplos son Albiac *et al.*, (2002), Arrojo y Sánchez (2004), o los de organismos responsables para aproximarse a las prescripciones de la DMA para el escenario base horizonte 2015: Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2008), Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2002), del Júcar (CHJ, 2004), Tajo (CHT, 2005) o Guadiana (CHG, 2006). Este trabajo, conecta con los anteriores en la medida en que trata de aproximarse teóricamente y empíricamente (ilustrado con la aplicación en la CGRAA) a los niveles de recuperación de los costes financieros.

Entre los trabajos teóricos anteriores sobre el cálculo de dichas tasas, que constituyen antecedentes de esta investigación, cabe citar los de Alcaraz, Álvarez y Fernández (1981), Alcaraz (1996), Ruiz Ojeda (2002); Sumpsi *et al.*, (1998) y Jiliberto y Cuevas (1999).

En cuanto a la componente más aplicada, este trabajo se ha centrado en la estimación de las cuantías y repartos del pago del CR, la TUA, y en general de los costes en los que incurren los regantes. Por lo tanto, presentaremos los cálculos, repartos e implicaciones de la estimación de los flujos financieros de los pagos que realizan los regantes a las diversas instituciones (CHE, CGRAA y sus Comunidades de Regantes), y las estimaciones de los costes de riego en las parcelas, distinguiendo entre técnicas de riego. El análisis se deriva de los datos obtenidos a través de encuestas en Mema y Albiac (2004), Gracia *et al.*, (2004) para 8 y 4 Comunidades de Base (CB) concretas, y Groot y Sánchez Chóliz (2006), donde se consideran variaciones interanuales de los costes y se utilizan datos del sistema ADOR (Apoyo a la Decisiones sobre la Organización de Regadíos).

Siguiendo el trabajo de Groot y Sánchez Chóliz (2006), en lo que sigue distinguiremos entre el coste del agua (CA: cuantía que se paga por disponer del recurso), el coste de regadío o de riego (CRI, costes asociados a la actividad de riego) y la suma de los dos anteriores, el coste asociado al uso del agua (CAUA).

### 3.2. Una parte del coste del Agua: el CR y la TUA

Entendemos por coste de agua (CA) lo que pagan los agricultores a las CB para cubrir cánones, tarifas, mantenimiento de la Comunidad General y de la CB, por lo que el pago por el CR y la TUA será una parte de este. El cálculo de las cuantías a pagar por estos conceptos quedaba reflejado en la primera parte del trabajo teóricamente. De manera práctica, en este caso cabe considerar que el Estado se encarga, por ser interés general, de un 40% de los valores a) y b) de los embalses de Búbal y Lanuza, y de un 30% de los embalses de Mediano y El Grado, por lo que esos porcentajes no son pagados por el usuario. Así, las cuantías desagregadas del CR (a, b y c) a distribuir entre los usuarios en 2004 son:

a) 249.555 € ( $0.6 \times 415.926$ ) por los embalses de Búbal y Lanuza, más 550.130 € ( $0.7 \times 785.900$  €) por los de Mediano y El Grado, b) 101.063 € en total, calculados siguiendo unos porcentajes iguales al apartado anterior, y c) 109.201 €. El total resultante de los tres conceptos asciende a 1.009.949 € a pagar por concepto de CR, tal y como se muestra en el sub-total del Cuadro 1. En este cuadro mostraremos cómo se realiza el reparto. Los valores a) y b) de la exacción propuesta tienen que ser distribuidos entre los usuarios actuales, y los valores c) serán también entre los potenciales.

Como hemos dicho, en la práctica el Estado es también considerado como beneficiario de las obras de regulación, dadas las funciones de defensa contra las inundaciones que desempeñan y los demás beneficios generales que reportan, y por eso afronta un porcentaje del importe total de los costes a través del Canon de Regulación, por lo que en el Cuadro 1 se muestran las cantidades totales (€ corrientes) a pagar por el resto de usuarios, descontado dicho porcentaje.

Subyaciendo a las cantidades a repartir entre los diferentes usuarios, lo que hay es una asunción acerca del Beneficio Medio Teórico (BMT) que supone para cada agente la realización de las obras que ayudan a que dispongan de agua. La propuesta de la CHE (1987) acerca de los valores unitarios a cobrar a cada usuario se basó en la "Instrucción Interna de la Dirección General de Obras Hidráulicas" (1962) y los datos sobre aprovechamientos hidroeléctricos facilitados por la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA). Allí se estableció para las hidroeléctricas el pago del CR y la TUA por producción eléctrica (megavatio-hora, MWh). Los demás usuarios pagan por volumen demandado (miles de m<sup>3</sup>), siguiendo el principio de equidad del artículo 106 de la Ley de Aguas. En valores corrientes de ese año 1987, la estimación del BMT del regadío (considerando

**Cuadro 1. Cantidades totales a pagar por cada tipo de usuario en concepto de canon de regulación y tarifa de utilización del agua en el periodo 2000 - 2004 (€ corrientes)**

<b>Canon de Regulación de los embalses de Búbal y Lanuza, Mediano y el Grado</b>					
Usuarios	2000	2001	2002	2003	2004
Regadío	419.425	489.210	443.194	582.772	505.575
Ind. consuntiva	31.651	40.342	36.813	51.362	43.715
Ind. no consuntiva	105.116	128.947	150.225	124.471	165.665
Hidroeléctricas	140.764	216.555	278.788	195.788	294.994
Sub-total	696.956	875.054	909.019	954.392	1.009.949
<b>Tarifas de Uso del Agua</b>					
Valores	2000	2001	2002	2003	2004
Regadío	3.951.224	3.947.263	3.866.832	4.383.669	4.576.355
Ind. consuntiva	298.588	325.941	321.613	386.609	395.696
Ind. no consuntiva	0	353.999	344.979	390.072	362.856
Hidroeléctricas	1.002.394	1.191.013	1.658.543	963.453	1.641.617
Sub-total	5.252.206	5.818.216	6.191.966	6.123.803	6.976.524
<b>Total</b>	<b>5.949.161</b>	<b>6.693.270</b>	<b>7.100.986</b>	<b>7.078.196</b>	<b>7.986.473</b>

Fuente: Groot y Sánchez Chóliz (2006).

**Cuadro 2. Propuesta definitiva de pagos unitarios de canon y tarifa de utilización del agua de la Junta de explotación nº 14, entre los años 2000 y 2005 (valores corrientes)**

<b>Canon de regulación de los embalses de Búbal y Lanuza; Mediano y El Grado</b>						
Usuarios	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004
Riegos	(€/ha)	3,84	4,43	4,01	5,26	4,41
Industria consuntiva	(€/Dm <sup>3</sup> ) *	2,40	2,77	2,50	3,29	2,75
Industria no Consuntiva	(€/Dm <sup>3</sup> )	0,16	0,19	0,17	0,23	0,19
Hidroeléctricas	(€/MWh)	0,96	1,11	1,00	1,31	1,10
Hidroeléctricas Enher	(€/MWh)	0,51	0,61	0,53	0,76	0,61
<b>Tarifa de Utilización del Agua</b>						
Riegos	(€/ha)	36,20	35,82	35,01	39,58	39,88
Industria consuntiva	(€/Dm <sup>3</sup> )	22,62	22,39	21,88	24,74	24,92
Ind. no Consuntiva	(€/Dm <sup>3</sup> )	0,00	2,24	2,19	2,47	2,49
Hidroeléctricas	(€/MWh)	9,05	8,96	8,75	9,90	9,97
<b>TOTAL (suma de los cánones de regulación y tarifa de utilización del agua, por usuario)</b>						
Riegos	(€/ha)	40,03	40,26	39,01	44,84	44,28
Industria consuntiva	(€/Dm <sup>3</sup> )	25,02	25,16	24,38	28,02	27,68
Industria no Consuntiva	(€/Dm <sup>3</sup> )	0,16	2,43	2,36	2,70	2,68

\* Nótese que expresamos todas las unidades en euros (valores corrientes), expresándose el pago unitario de las industrias consuntivas y no consuntivas en euros por Dm<sup>3</sup>, esto es, por cada mil metros cúbicos de agua utilizados.

Fuente: Elaboración propia a partir de Groot y Sánchez Chóliz (2006).

8.000 m<sup>3</sup> de agua por hectárea de regadío) fue de 2,4 Ptas./m<sup>3</sup>. El de las industrias consuntivas y la población se consideró 5 veces superior a la del regadío. El de la industria no consuntiva la mitad del regadío, y el de los aprovechamientos hidroeléctricos la media del precio de la electricidad de cada fuente energética ponderada por sus respectivas producciones.

En el Cuadro 2 observamos los valores unitarios (los del Cuadro 1 divididos por sus respectivas superficies, demandas o producción eléctrica) cobrados de cada usuario siguiendo dichas proporciones:

### **3.3. El Coste de Riego (CRI)**

Por coste de riego (CRI) entendemos el resto de costes financieros asociados a la actividad del regadío no considerados en el CA, esto es, aquellos costes de explotación que se producen con la actividad del riego, en concepto de mano de obra, adecuación de parcela, amueblamiento, vehículos y otros. Este coste de riego está íntimamente relacionado con la tecnología utilizada: pivot, aspersión, localizado o gravedad, que lleva aparejada distintos costes y gastos de mantenimiento y diferente necesidad de mano de obra. Por ello, para obtener el coste medio de una zona de riego es necesario realizar una ponderación de los costes, considerando el grado de utilización de las diferentes formas de riego. Los datos sobre las superficies de cada tipo de riego y sus demandas de agua para el año 2004 analizado, se obtienen a partir del programa ADOR, el sistema SIGPAC (Sistema de Identificación de Parcelas), el Instituto Aragonés de Estadística y otras estimaciones.

### **3.4. El Coste Asociado al Uso del Agua (CAUA): CA+CRI**

En definitiva el CA recogerá más pagos que sólo el CR y la TUA, y por eso se toman los valores medios que las Comunidades de Base facturaron a los agricultores por el uso del agua. A pesar de algunos casos que lo hacen depender también del tipo de cultivo, la forma predominante de exacción es binómica, cobrando una parte (normalmente los costes fijos) en función de la superficie de riego y la otra por el consumo de agua. Por su parte, para obtener el CRI que aparece en el Cuadro 3, se calcula el agua usada por hectárea a partir de datos localizados sobre tecnología de riego y de unas estimaciones previas de la eficiencia esperable con dichas tecnologías.

Así, en el Cuadro 3 observamos que el coste por disponer del recurso (CA) soportado por el agricultor en la CGRAA es de 102,58 €/ha o 1,62 cent. €/m<sup>3</sup>, el coste por regar (CRI) es de 244,78 €/ha o 3,86 cent. €/m<sup>3</sup>. En definitiva, el coste medio para regar sus cultivos (CAUA), es de 347,36 €/ha o 5,48 cent. €/m<sup>3</sup> de agua (equivalente a 4,38 cent. €/m<sup>3</sup> de agua desembalsada), aunque eso sí, puede variar notablemente entre zonas donde se ofrece agua a presión, 147,67 €/ha o 6,59 cent. €/m<sup>3</sup>, y sin presión 78,26 €/ha o 4,91 cent. €/m<sup>3</sup>. Las diferencias se aprecian en los CA (hasta un 89% por los distintos valores cobrados por las CB) y prácticamente ninguna en el CRI (probablemente el coste del bombeo en parcelas sin presión compensa el mayor precio del agua para aspersión, más común donde hay presión).

**Cuadro 3. Estimación de los Costes del Agua, Costes de Riego y Costes Asociados al Uso del Agua, del año 2004, en las zonas con agua con y sin presión, y para toda la CGRAA**

Valores en:	Tipo de oferta de agua	Superficie, Demanda y Costes	Tipos de riego			Media por oferta de agua o para la CGRAA	
			Aspersión pívot	Aspersión fija	Localizado Gravedad		
(ha)	Con presión	Superficie	4.123,48	19.837,89	3.246,54	15.866,27	
(Dm <sup>3</sup> )		Demanda	25.436,17	116.984,57	17.740,31	105.994,00	
(€/ha)		Coste del agua	147,53	143,87	138,04	154,43	147,67
(€/ha)		Coste de riego	316,56	288,76	283,69	202,37	259,22
(€/ha)	Sin presión	CAUA	464,09	432,63	421,73	356,81	406,89
(ha)		Superficie	2.120,94	13.648,91	2.580,82	61.504,15	
(Dm <sup>3</sup> )		Demanda	12.249,63	68.224,37	10.189,47	422.438,47	
(€/ha)		Coste del agua	75,24	71,62	66,74	80,32	78,26
(€/ha)	En toda la CGRAA	Coste de riego	388,75	351,24	333,04	202,37	236,99
(€/ha)		CAUA	463,99	422,87	399,78	282,69	315,25
(€/ha)		Superficie	6.244,41	33.486,80	5.827,37	77.370,42	
(Dm <sup>3</sup> )	En toda la CGRAA	Demanda	37.685,80	185.208,94	27.929,79	528.432,47	
(€/ha)		Coste del agua	122,98	114,42	106,46	95,52	102,58
(€/ha)		Coste de riego	341,08	314,23	305,55	202,37	244,78
(€/ha)		CAUA	464,06	428,65	412,01	297,89	347,36
(cent. €/m <sup>3</sup> )	Con presión	Coste del agua	2,39	2,44	2,53	2,31	2,39
(cent. €/m <sup>3</sup> )		Coste de riego	5,13	4,90	5,19	3,03	4,20
(cent. €/m <sup>3</sup> )		CAUA	7,52	7,34	7,72	5,34	6,59
(cent. €/m <sup>3</sup> )	Sin presión	Coste del agua	1,30	1,43	1,69	1,17	1,22
(cent. €/m <sup>3</sup> )		Coste de riego	6,73	7,03	8,44	2,95	3,69
(cent. €/m <sup>3</sup> )		CAUA	8,03	8,46	10,13	4,12	4,91
(cent. €/m <sup>3</sup> )	En toda la CGRAA	Coste del agua	2,04	2,07	2,22	1,40	1,62
(cent. €/m <sup>3</sup> )		Coste de riego	5,65	5,68	6,38	2,96	3,86
(cent. €/m <sup>3</sup> )		CAUA	7,69	7,75	8,60	4,36	5,48

Fuente: Groot y Sánchez Chóliz (2006).

El CRI es más del 70% CAUA y, analizando el destino de estos gastos, con los costes de las CB es más del 80% del CAUA. El Coste del Agua supone el 30% restante, y si comparamos el pago del canon y la tarifa de 40 euros por hectárea con el CAUA medio de la CGRAA, vemos que el pago por estos dos conceptos es sólo ligeramente superior al 10% del CAUA. Por tanto, el coste financiero pagado por los agricultores por el agua que usan es una parte relativamente pequeña de los costes totales a los que se enfrentan al transformar una hectárea de tierra de secano a regadío. Una elevación de dichos pagos por el agua, aunque fuera proporcionalmente grande respecto a los actuales, no representaría una gran carga en comparación con la que suponen de facto los costes de las operaciones de riego.

## 4. Conclusiones

El presente trabajo ha pretendido extraer algunas ideas respecto al análisis económico del uso del agua que requiere Directiva Marco del Agua (DMA, Art. 5, especificaciones del Anejo III). En la parte teórica, se han explicado los problemas asociados al cálculo de las anualidades para los cánones y las tarifas. El principal fallo hallado fue la falta de consideración de la pérdida de valor del dinero en la Ley de Aguas de 1985. De ahí surge la propuesta de incorporar al menos una actualización monetaria real para llegar a los criterios de la DMA en lo que se refiere a los costes financieros. A partir del análisis de los pagos teóricos coherentes con los criterios de la vigente Ley de Aguas, el Estado recupera el 102% de sus inversiones en obras de regulación a los 50 años a través del CR. Con ello estaría en línea con la DMA si la inflación fuera nula, cosa que obviamente no ocurre. En el caso de las tarifas, sólo recupera el 52% de las inversiones en obras específicas (también sin inflación) en los 25 años establecidos por el artículo 307 del RDPH. Sin embargo, el sistema anterior a la Ley de Aguas de 1985, permite recuperar la inversión en los plazos establecidos y tiene en cuenta la pérdida de poder adquisitivo del dinero (tipo de interés entre 1,5 y 2%). La aplicación de este sistema, considerando la pérdida de poder adquisitivo del dinero a largo plazo, sería un avance respecto de la situación actual.

Además, hemos visto que el "interés general" sigue desempeñando un papel clave a la hora de establecer el porcentaje del coste que el Estado no repercute por considerarse servicios públicos, tales como la laminación de avenidas. La discrecionalidad en la aplicación de este criterio introduce gran variabilidad en la proporción de la inversión que finalmente es recuperada por el Estado y, en última instancia, por el contribuyente.

A partir de un estudio exhaustivo de los pagos por el agua y por el riego en la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, hemos podido extraer ciertas conclusiones relevantes (y suponemos que extrapolables a otras comunidades o cuencas) sobre los costes reales que soportan los agricultores de regadío. El hecho de que el coste de riego (CRI) suponga más del 70% Coste Asociado al Uso del Agua (CAUA) y que, junto con los costes de las Comunidades de Base, sea más del 80% del CAUA nos lleva a afirmar que ése es el factor determinante para la viabilidad de las explotaciones de regadío. Esto significa que el problema de pago para el regante no es tanto el precio del agua, como los costes de riego, y aún más para aquel regante cuya zona regable o comunidad está llevando a cabo modernización. Así, si el pago por amueblamiento para un agricultor en la zona se sitúa en más de 60 €/ha (el 25% del CRI), este pago sube en un 350% para el regante cuando está llevando a cabo modernización. Además del amueblamiento, y el pago por modernización de redes generales que se sitúa en torno a 130 €/ha según nuestras estimaciones, para el agricultor que está llevando a cabo modernización en la zona el coste de energía de bombeo en parcela asciende hasta unos 170 €/ha (subida del 1.700%). De forma global, obtenemos un aumento del 223% CAUA para el regante respecto de la situación sin modernizar. De este modo, el porcentaje que representa el Coste del Agua (CA) respecto del CAUA es todavía menor, pasando de estar próximo al 30%, a ser inferior al 14%.

Esperamos que las reflexiones teóricas y los datos empíricos aportados contribuyan a arrojar algo de luz al problema de la repercusión de los costes financieros del agua desde el punto de vista de la Administración, que trata de trasponer la DMA a la legislación nacional, y desde el punto de vista de los regantes, que desean saber qué representa la repercusión total de costes para sus explotaciones de regadío.

## Referencias bibliográficas

- Albiac, J., Uche, J., Valero, A., Serra, L., Meyer, A. y Tapia, J. (2003). "The economic unsustainability of the Spanish National Hydrological Plan". *International Journal of Water Resources Development*, 19 (3): 437-458.
- Alcaraz, A., Álvarez, M. y Fernández, R. (1981). "Los decretos reguladores de cánones de regulación y tarifas de riego". *Revista de Obras Públicas*, 128 (3192): 317-329.
- Alcaraz, A. (1996). "Tarifas hidráulicas. Veinte años después". *Revista de Obras Públicas*, 143 (3357): 15-23.
- ACA (2008). Análisis económico del uso del agua. Documento de presiones e impactos, y análisis del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la DMA. Agència Catalana de l'Aigua. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Arrojo, P. y Sánchez, L. (2004). "Valoración económica y financiera de los trasvases previstos en el Plan Hidrológico Nacional Español". Documento de Trabajo (monográfico), *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*. Universidad de Zaragoza.
- CHE (1987). *Equivalencias para la elaboración de cánones de regulación y tarifa de utilización del agua en la Cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- CHE (2002). *Trabajos de apoyo para el Estudio Pormenorizado de los Cánones de Regulación y Tarifas de Utilización de Agua en la Cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- CHG (2006). *Análisis de recuperación de costes de los servicios del agua*. Oficina de Planificación Hidrológica de análisis económico de la Demarcación Hidrográfica. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- CHJ (2004). *La Directiva Marco del Agua en la cuenca piloto del Júcar. Informe para la Comisión Europea sobre los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua*. Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

- CHT (2005). *Análisis económico del uso del agua. Informe para la Comisión Europea sobre los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua*. Confederación Hidrográfica del Tajo. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- CGRAA (2000, 2002 y 2004). *Memorias de actividades de Riegos del Alto Aragón*. Servicio de Publicaciones. Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, Huesca.
- Embid, A. (2007). "La directiva marco del agua y algunos de sus problemas en la implantación en España y otros países europeos". *Ingeniería y Territorio. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, 80: 20-27.
- Gracia Gil, M., Rubio Calvo, E. y Oliva Jordán, C. (2004). *Precio del Agua*. Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, Huesca.
- Groot, E. y Sánchez Chóliz, J. (2006). *Valoración financiera de los costes asociados al uso del agua de riego: el caso del sistema de Riegos del Alto Aragón (RAA)*. Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, Huesca.
- Jiliberto, R. y Cuevas, C. (1999). "Costes y tarifas del agua en la cuenca del río Henares". En Martínez Gil, F.J. y Arrojo, P. (Eds.): *El agua a debate desde la Universidad: hacia una nueva cultura del agua: 1er Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*, Zaragoza: 389-420.
- Maestu, J. y Villar, A. (coords.) (2007). *Precios y costes de los Servicios del Agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Artículo 5 y anejo III de la Directiva Marco de Agua*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Mema, M. y Albiac, J. (2004). "Costes del agua de uso agrario en la cuenca del Ebro". Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Ruiz Ojeda, A. (2002). "Las exacciones para la financiación de obras hidráulicas: canon de regulación y tarifa de utilización". *Revista de Administración Pública*, 15: 369-399.



# TARIFICACIÓN Y RECUPERACIÓN DE COSTES DE LOS SERVICIOS DEL AGUA

*Joan Pujol, Marta García Mollá, Julio Berbel y Llorenç Avellà*

## 1. Introducción

El establecimiento de tarifas sobre el uso del agua ha sido el sistema empleado tradicionalmente por la Administración para recuperar la totalidad o la parte deseada de los costes de provisión del servicio (según el nivel de subvención que haya decidido conceder). El enfoque de esta tarificación ha sufrido un cambio importante a partir de la aprobación de la Directiva Marco del Agua del año 2000, en la que se exige, salvo ciertas excepciones, la recuperación del coste de los servicios relacionados con el agua.

El objetivo de este trabajo es analizar el papel de la tarificación y la situación de la misma en el momento actual, en pleno proceso de implementación de la Directiva Marco del Agua. De acuerdo con ello, el capítulo se desarrolla de la siguiente forma: el apartado 2 analiza la tarificación y su efecto en la recuperación de costes, desde un punto de vista general; el apartado 3 estudia la situación actual de la misma a nivel de España y de la Unión Europea, teniendo en cuenta las directrices impuestas por la Directiva Marco del Agua; el apartado 4 desarrolla un análisis de caso, concretamente la recuperación de costes del agua para uso agrícola en la Cuenca Hidrográfica del Júcar; los resultados obtenidos se discuten en el apartado 5; por último, el apartado 6 expone las conclusiones más relevantes obtenidas.

## 2. Tarificación y el principio de recuperación de costes

La tarificación del agua se refiere al establecimiento de tasas sobre el uso de la misma. Esta tarificación, junto con la reasignación de concesiones y el establecimiento de mercados, es una de las herramientas básicas empleadas en las políticas de gestión que actúan sobre la demanda de los recursos hídricos.

Desde un punto de vista teórico, estas tarifas deberían permitir la recuperación de los costes de provisión (de todos, o de una parte, según decida la Administración) y por otra parte favorecer el ahorro.

¿Cómo se han fijado tradicionalmente estas tarifas? Las tarifas reales que se pagan por el recurso en casi todos los países de similitud hidrológica y agraria con el nuestro se establecen, al menos en un principio, con la finalidad de cubrir un porcentaje de los costes de las obras, con su correspondiente actualización, y los costes de operación y mantenimiento. Sin embargo, la realidad en España y en muchos otros países, sugiere más bien que los precios y tarifas terminan siendo un desembolso cuya cuantía se determina mayoritariamente en función de la capacidad de pago de los regantes sobre los que se implanta y, secundariamente, del grado de escasez de agua que impere en cada situación (Embid y Garrido, 1998).

Molle y Berkoff (2007) analizan diversos ejemplos de recuperación de costes. Muestran que los países en desarrollo tienen en general niveles de recuperación menores que los países desarrollados. Los países de la OCDE frecuentemente recuperan la totalidad de los costes de funcionamiento y mantenimiento, mientras que en Latinoamérica y en la cuenca mediterránea (sur de Europa, Túnez y Marruecos) los porcentajes son, en general, menores. Los niveles de recuperación de costes varían en el tiempo dependiendo de los modelos de uso del agua y de la antigüedad de los sistemas, las políticas y los acuerdos de organización. Según estos autores, la evidencia histórica muestra que en ninguno de los países estudiados los beneficiarios tuvieron que aportar una parte significativa del coste inicial de los proyectos de regadío a gran escala.

Easter y Liu (2005), en un estudio realizado sobre 17 países de Europa, América, Asia y África, obtienen unos porcentajes de recuperación de costes que en la mayoría de casos no superan el 50% de los costes de funcionamiento y mantenimiento. Estos autores destacan como principales factores causantes de este resultado la falta de relación

entre las cantidades pagadas por los agricultores y los fondos utilizados para proyectos de regadío, la no participación de los regantes en los proyectos de riego, la falta de comunicación y transparencia entre los regantes y los gestores de los regadíos, la no imposición de penalizaciones para los que no pagan, el pequeño tamaño de las explotaciones asociado a bajos niveles de ingresos e, incluso, la existencia de corrupción.

Sin embargo, este panorama deberá cambiar, al menos en los países de la Unión Europea. En éstos, la tarificación actual del agua se halla condicionada por la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco de actuación en el ámbito de la política de aguas). En ella se fija que los Estados miembros deberán establecer, para 2010, una política de precios del agua que incentive un uso racional de los recursos hidráulicos, teniendo en cuenta el principio de recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua, incluyendo los costes medioambientales (siguiendo el principio "quien contamina paga") y los relativos a los recursos asociados a los daños o a los efectos adversos sobre el medio acuático.

La Directiva plantea la recuperación de costes como instrumento y como principio general. No obstante, se permiten ciertas excepciones a dicha recuperación teniendo en cuenta los efectos sociales y económicos de la misma; para profundizar en este tema, se recomienda consultar a Maestu y Berbel (2009).

También se prevé que para el 2010 los Estados miembros definan la "contribución adecuada" para los distintos usos del agua, desglosando al menos entre industria, hogares y agricultura. Este planteamiento ha sido incorporado al Derecho Español en el Texto Refundido de la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001) y recogido en el Reglamento de la Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/07).

Así pues, ha llegado el momento de aplicar la recuperación de costes, o al menos de justificar su no aplicación. Frente a esta obligación hay una variedad de posturas que van desde los partidarios de la aplicación íntegra del principio de recuperación de costes, incluyendo una nueva revisión del cálculo de la amortización de las obras que renueve la obsoleta fórmula del reglamento y la Ley de Aguas en vigor y con la inclusión de costes ambientales y del recurso (de difícil cuantificación); hasta, en el otro extremo, los defensores de la "no obligatoriedad" (ver Cabezas, 2009) o la más frecuente postura de muchos regantes de plantear con carácter general la "imposibilidad" de la aplicación del principio,

en abierta contradicción con la norma que permite no aplicar la recuperación de costes si se justifica la existencia de "costes desproporcionados", pero justificados caso a caso y no con carácter universal (ver Maestu y Berbel, 2009).

Como se verá posteriormente, la teoría del principio de recuperación de costes choca con su aplicación práctica por la indefinición de los costes ambientales y del recurso.

### 3. La tarificación en la situación actual

#### 3.1. Situación actual en España

En España los usuarios de los servicios de agua efectúan pagos de distinta naturaleza a los prestadores de servicios. Los más destacados se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Conceptos a pagar aplicables a los usuarios del agua en España**

Concepto	Servicio cubierto por el pago
Canon de Regulación	Uso de recursos captados por las presas y embalses (en las cuencas competencia de la Admin. General del Estado)
Tarifa de Utilización de Agua	Uso de los canales, infraestructuras de transporte de agua y otras obras hidráulicas, distintas de las de regulación
Tarifa del servicio de suministro urbano	Servicios de potabilización y distribución de agua a través de las redes de distribución
Tarifas y Derramas de los colectivos de riego	Servicios de distribución de agua de riego a los regantes
Tasa de Alcantarillado	Servicio de recogida de aguas residuales urbanas por parte de los municipios
Canon de Saneamiento	Servicio de depuración para aquellos usuarios conectados al sistema de depuración a través de la red de alcantarillado
Canon de Control de Vertidos	Servicio de control de vertido de los organismos de cuenca, considerando las cargas contaminantes
Canon de Utilización de Bienes del Dominio Público Hidráulico	Utilización, ocupación o aprovechamiento del Dominio Público Hidráulico
Otras figuras, exacciones y cobros a los usuarios	Establecidas a partir de normativas específicas (ej. cuota de conexión a la red de los usuarios urbanos)
Figuras específicas de Comunidades Autónomas	Ej. Canon de Agua de Cataluña, proyecto de Impuesto del Agua de Andalucía, nuevo Canon del Agua del País Vasco

Fuente: Elaborado por los autores, a partir de los datos de MMA (2007).

No todos estos costes afectan a los usuarios de agua para riego. Suponiendo una situación típica en la que los regantes estén agrupados en entidades de riego (comunidades de regantes y otros tipos de entidades), estos usuarios deberán pagar:

- Tarifas públicas: las abonan las entidades de riego y los agricultores individuales a las Confederaciones Hidrográficas. Comprenden el canon de regulación y la tarifa de aguas. No las pagan las entidades ni los agricultores que únicamente utilizan aguas subterráneas.
- Tarifas privadas: son las cantidades que los agricultores abonan a las entidades de riego a las que pertenecen. Como estas entidades no tienen ánimo de lucro las cantidades satisfechas sirven para cubrir costes. La forma en la que las entidades de riego trasladan a sus socios los costes son muy diversas, destacando como más habituales las siguientes (García Mollá, 2000): una cantidad por unidad de superficie independiente de la cantidad de agua utilizada, una cantidad por riego aplicado, cobros por la utilización de un caudal teórico durante un tiempo, o por volumen de agua empleado; esta última es la forma más común en las entidades que utilizan el riego por goteo. Además, en muchas entidades se cobra una cantidad fija por hectárea que cubre los gastos fijos de la entidad y/o derramas para cubrir gastos extraordinarios, como nuevas infraestructuras, reparaciones, mantenimiento, etc.

¿Cómo afecta esta situación a los usuarios? En primer lugar, existe una amplia variabilidad en los pagos según el tipo de usuario, variabilidad que se acentúa en el caso del regadío: los pagos por servicios de los Colectivos de Riego correspondientes a 2002 oscilan desde 0,03 €/ha/año hasta 3.245 €/ha/año, en aguas subterráneas, con grandes diferencias geográficas y temporales; y desde 0 €/ha/año hasta 1.324 €/ha/año, en aguas superficiales. El importe promedio de los pagos a los Colectivos de Riego que usan sólo aguas de origen superficial es de 107 €/ha (0,02 €/m<sup>3</sup>), pasando a 500 €/ha (0,09 €/m<sup>3</sup>) en el caso de usuarios de aguas subterráneas (MMA, 2007).

¿Qué efectividad en relación a la recuperación de costes tiene este sistema? En el Cuadro 2 se muestran datos referidos a dicha recuperación, correspondientes al año 2002.

**Cuadro 2. Porcentaje de recuperación de costes en los servicios del agua en España en 2002**

	<b>Captación y transporte superficiales</b>	<b>Extracción aguas subterráneas</b>	<b>Usos urbanos</b>	<b>Distribución agua para riego</b>
Porcentaje	50-99%	99%	57-96%	54-97%

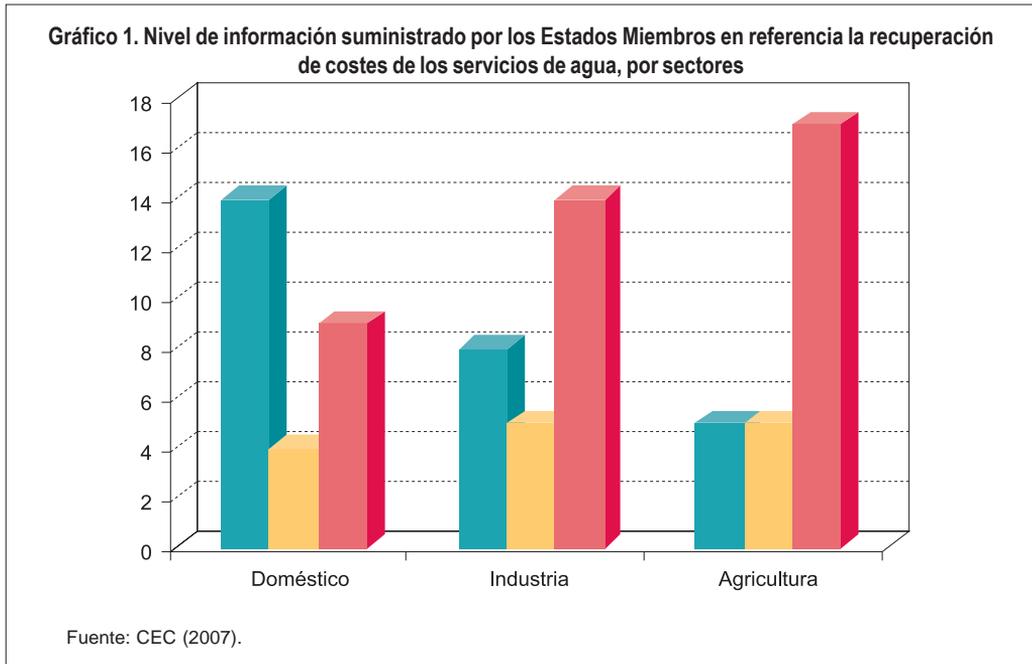
Fuente: MMA (2007).

Debe destacarse que la propia fuente indica que "estos resultados han de considerarse con carácter provisional, puesto que no se han realizado en todas las cuencas los análisis y estudios pertinentes para alcanzar resultados homogéneos". A la falta de datos debe añadirse la complejidad del cálculo del coste de cada servicio.

Lo que más llama la atención de dichos resultados es la elevada variabilidad de los mismos, tanto en lo referente a captación y transporte, como en los usos urbanos y en la distribución de agua para riego (los servicios de extracción prácticamente cubren la totalidad de sus costes, puesto que son pagados directamente por los propios usuarios), dependiendo del sistema de explotación y la cuenca contemplada. La parte del coste no pagada por los usuarios (en algún caso considerablemente elevada) está subvencionada.

### 3.2. Situación actual en la Unión Europea

Teniendo en cuenta las obligaciones que impone el calendario de aplicación de la Directiva Marco del Agua tendría que ser muy sencillo encontrar información sobre la recuperación de costes del agua en distintos países europeos, puesto que en 2004 se tendrían que haber publicado las caracterizaciones de las cuencas hidrológicas, sus presiones, impactos y su análisis económico. Ahora bien, según un informe de la Comisión de las Comunidades Europeas (CEC, 2007), muchos de los Estados Miembros aportaron informes incompletos respecto a dicho análisis económico (Gráfico 1). Concretamente, en el sector agrícola es donde este déficit de datos fue más acentuado.



Profundizando en esta falta de datos aportados, se observó que el problema principal había estado en los costes del recurso y los ambientales, los cuales no habían sido tenidos en cuenta por 19 Estados Miembros.

¿Y de los datos aportados, qué conclusión se obtuvo? Según estos datos los pagos de los usos domésticos permitían una recuperación de costes de entre el 70 y el 100%, los industriales entre el 40 y el 100% y los agrícolas entre el 1 y el 100%.

Aparte de la gran disparidad de resultados obtenidos, en este punto cabe preguntarse qué es lo que falla: es posible que los Estados Miembros se hayan encontrado con más problemas que los esperados en la realización de los informes en relación al tiempo concedido, sobretodo por la baja disponibilidad de los datos necesarios para su elaboración y por los problemas metodológicos ligados a los cálculos de algunos de los componentes de los costes.

## 4. Análisis de caso: el agua en la Cuenca Hidrográfica del Júcar

Para entender mejor la realidad de la situación en España, a continuación se analiza con más detalle un caso concreto, el de la recuperación de costes de los servicios del agua de riego en la Cuenca Hidrográfica del Júcar. Para realizar este análisis deberá distinguirse entre la recuperación de costes en alta -hasta la entrega por la Administración Pública del agua a las asociaciones de riego o, excepcionalmente, a usuarios individuales- y en baja<sup>1</sup> -desde la toma principal hasta la entrega a los usuarios finales a pie de parcela- (García Mollá y Vega, 2006). En este análisis solamente se tendrán en cuenta la recuperación de los costes de los servicios del agua y no los costes ambientales y del recurso.

### 4.1. La recuperación de costes en alta

La Ley de Aguas establece un régimen económico financiero de utilización del dominio público hidráulico. De todas las exacciones que establece la Ley y que han sido citadas en el apartado anterior, únicamente el canon de regulación y la tarifa de utilización del agua son de aplicación al regadío. Solamente los usuarios que se benefician de alguna infraestructura de regulación, en el caso del canon de regulación, o de transporte, en el caso de la tarifa de utilización de agua, realizadas íntegramente a cargo del Estado, satisfacen estos conceptos a las Confederaciones Hidrográficas. Por lo tanto, no las satisfacen los usuarios que únicamente utilizan aguas subterráneas y que pueden llegar a ser un porcentaje muy importante de las tierras regadas. Por ejemplo, en el caso de la Comunidad Valenciana se ha estimado que alrededor del 45% de la superficie regada estaría obligada a pagar el canon de regulación y sólo el 17% la tarifa de utilización de agua (García Mollá, 2000). El resto de usuarios o utilizan únicamente aguas subterráneas o usan aguas superficiales pero son propietarios de la totalidad de las infraestructuras necesarias para el riego.

Según los estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente los porcentajes de recuperación de costes en alta están entre el 50 y el 90% para las distintas confederaciones hidrográficas españolas, siendo el valor para la Confederación Hidrográfica del Júcar del 57,80%.

---

<sup>1</sup> En el caso de las aguas subterráneas hemos considerado que todos los costes del servicio que se producen son en baja.

## 4.2. La recuperación de costes en baja

En las entidades de riego del ámbito valenciano de la Confederación Hidrográfica del Júcar una parte muy importante de la superficie regada es gestionada por entidades de riego colectivo de distinta naturaleza (Carles *et al.*, 1999), y sólo en algunos casos los agricultores individuales son propietarios de pozos que gestionan de forma independiente.

Las entidades de riego tienen costes derivados de su funcionamiento, como por ejemplo: los gastos de administración; el personal de control y en algunos casos de la aplicación del riego; la electricidad, si se utilizan motores para la elevación de las aguas o si se utilizan pozos para la extracción de aguas subterráneas; el mantenimiento de las infraestructuras y la amortización de las inversiones realizadas, etc. En muchos casos la inversión realizada se destina a la modernización de las infraestructuras que, en el ámbito del Júcar, se trata básicamente de la instalación de riego por goteo. También se incluyen dentro de los costes los pagos realizados a las Confederaciones Hidrográficas por los conceptos de canon de regulación y tarifa de utilización de agua.

Por otro lado, los ingresos de las entidades de riego provienen básicamente de dos fuentes, los pagos que, como hemos visto antes, realizan los agricultores y las subvenciones que éstas obtienen para realizar distintas inversiones, en especial para modernizar sus infraestructuras. Las entidades de riego no obtienen ninguna subvención para cubrir los costes de funcionamiento. Todos estos costes son trasladados a los regantes, que deben realizar, según el caso, un pago por hectárea, por metro cúbico de agua empleado o un pago total anual.

Son diversos los organismos públicos que realizan o que subvencionan obras a los regantes y a las entidades de riego (las Sociedades Estatales de Infraestructuras Agrarias o SEIASAS, las Consejerías de Agricultura de las Comunidades Autónomas y las Sociedades Estatales de Aguas). Algunas obras son construidas y financiadas íntegramente por estos organismos y otras son realizadas por los regantes con la ayuda de subvenciones.

En los estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente en la Demarcación Hidrográfica del Júcar se estimó que la recuperación de los costes de los servicios prestados a los consumidores de agua para riego fue del 91% (García Mollá y Vega, 2006). La mayoría de las subvenciones en términos absolutos se destinan a los servicios prestados por los colectivos de riego. Se estima que del total de 33,77 millones de euros que se destinaron a subvenciones de capital en 2001, aproximadamente el 96% fueron destinados a

los servicios de distribución prestados por las entidades de riego, y un 4% a los servicios de regulación y distribución, realizados por medio de grandes presas y canales, prestados por la Confederación Hidrográfica del Júcar. Lo elevado de los porcentajes se justifica porque en la Cuenca del Júcar, una gran parte de los usuarios es propietaria de las redes de riego y corre con todos los costes necesarios para poder regar. Esto es especialmente cierto en las entidades que riegan con aguas subterráneas, ya que no se benefician de ninguna obra de almacenamiento o transporte que haya sido realizada por el Estado.

En referencia a las subvenciones es importante subrayar que, a nivel del Estado y de cuenca, la actividad con mayor nivel de subvención no es el abastecimiento, sino el saneamiento y la depuración. Aunque queda fuera del objeto de estudio de este trabajo conviene tenerlo en cuenta para tener una visión de conjunto de los servicios del agua (MMA, 2007).

## 5. Discusión

¿Por qué en general (y salvo algunas excepciones) son tan altos los porcentajes de recuperación de costes de los servicios del agua de riego en España?

Hay varios factores que explican estos resultados. En primer lugar, la gestión la realizan mayoritariamente las entidades de regantes. Existe una amplia tradición de participación de los propios regantes en la gestión de los regadíos e incluso en los órganos de decisión de las Confederaciones Hidrográficas. Los regantes son los propietarios de las infraestructuras de riego, desde los canales principales hasta la parcela y corren con todos los gastos de funcionamiento sin ninguna subvención. Sólo reciben subvenciones para la realización de obras de modernización y mejora. Parece claro que el que los agricultores participen en la gestión hace que el cobro de tasas por parte de las administraciones públicas sea aceptado con más facilidad.

En segundo lugar, debe destacarse que hay autores que cuestionan la metodología empleada para el cálculo de la recuperación de costes en el sector agrario, como Mema *et al.* (2008), entre otros.

Uno de los aspectos polémicos es el coste de las infraestructuras. Según Maestu y del Villar (2006), las infraestructuras hidráulicas existentes en España están totalmente amortizadas: a pesar de la importancia de la financiación pública de las obras hidráulicas y considerando que una parte de las infraestructuras de servicios ya está amortizada, especialmente en alta, si se considerase su reposición estos porcentajes se reducirían notablemente. La recuperación de costes en alta en caso de cambiar este criterio de amortización pasaría del 57% actual a ser de un 20%. Los mismos autores también cuestionan la metodología de cálculo de dichas inversiones.

Otro aspecto a comentar se refiere al saneamiento: la recuperación de costes en saneamiento sólo contempla las instalaciones de recogida de aguas y depuración en funcionamiento, pero no las que faltan por ejecutar o las que están pendientes de entrar en funcionamiento.

Por otro lado, los descuentos aplicados por laminación de avenidas<sup>2</sup> en el cálculo de los cánones y tarifas están entre el 0 y el 51,42% en el Segura (MMA, 2007). El cálculo de los beneficios sociales de esta función de laminación es difícil y podría estar actuando como un factor de reducción de las tarifas públicas sin una clara justificación. Por una parte, parece lógico aplicar ciertos descuentos por las funciones social (servicio de laminación de avenidas) y ambiental (una parte del agua se destina a funciones ambientales) de los embalses, pero lo que no está justificado es que en unas cuencas este descuento sea nulo y en otras sea más del 50%.

Asimismo, los costes ambientales y del recurso tienen una definición muy simplista en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) española (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la IPH) en relación a los planteamientos de la guía metodológica de la propia Comisión Europea (CEC, 2003).

Aparte de estos temas metodológicos también hay que poner de manifiesto la dificultad de conocer la estructura de costes e ingresos de las entidades de riego, ya que no existen fuentes estadísticas fiables. Además, como indican Ortega y Sáez (2004), la propia naturaleza de estas entidades genera opacidad respecto a su situación económica

---

<sup>2</sup> Laminación de avenidas: Los embalses amortiguan el efecto de las avenidas debido a que son capaces de regular un caudal de salida del embalse menor que el de entrada, disminuyendo así los daños que pueden provocar las avenidas aguas abajo del embalse. Esto se considera una función social de los embalses.

y financiera. El cálculo del porcentaje de recuperación de costes, así como de los efectos que podría tener la aplicación de dicho principio, no son posibles sin un mejor conocimiento de la realidad de la agricultura española. Para ello es imprescindible una mejora de las estadísticas oficiales disponibles.

Por último, debe tenerse en cuenta que la aplicación en España del principio de recuperación de costes puede tener un efecto limitado como instrumento económico que incentive a los agricultores a ahorrar agua. En primer lugar, actualmente ya se recupera una parte muy importante de los costes de los servicios del agua en algunas zonas, tal como hemos visto en el Júcar. Por otro lado, si se incorporan los costes del recurso como indicador de escasez y para favorecer la disminución de los consumos, el incremento tarifario consiguiente podría tener consecuencias en el sector. En este campo los estudios son numerosos, destacando entre otros, los trabajos de Sumpsi *et al.*, (1998), Gómez-Limón y Berbel (2000) y Berbel *et al.*, (2009). Los resultados obtenidos por estos autores sugieren que una subida tarifaria moderada tendría poco impacto en el ahorro. Estos autores encuentran que debido a la baja elasticidad de la demanda en determinados sistemas de cultivo sería necesaria una subida muy considerable para afectar sensiblemente a la misma, pero esta situación repercutiría negativamente en los ingresos de los regantes. Evidentemente esta conclusión no se aplica a toda la agricultura española sino a parte de ella. Para profundizar en el tema del uso de las tarifas como instrumento para ahorrar agua, puede consultarse el capítulo sobre "análisis coste eficacia" en este mismo volumen.

## 6. Conclusiones

En las últimas décadas se ha producido un incremento en la demanda de agua y una fuerte competencia por el uso de la misma entre distintas actividades y usos. El uso de instrumentos económicos responde a dos lógicas: por una parte la internalización de costes (considerando las externalidades positivas y negativas) que debe asumir cualquier actividad productiva y por otra un principio de equidad social para evitar que se subvencionen con los impuestos de todos la actividad productiva de unos pocos, por una vía indirecta y masiva (precios subvencionados), ya que si una actividad merece ser subvencionada esto debe hacerse con transparencia y mediante los instrumentos adecuados.

Estos son los principios por los que la DMA establece que antes del año 2010 se aplicarán tarifas que permitan la recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua, con finalidades tanto recaudatorias (dotar de medios a la Administración) como de mecanismo incentivador del ahorro (reducción del consumo de agua).

En el caso analizado de la recuperación de costes de los servicios del agua de riego en la Cuenca del Júcar los porcentajes de recuperación son muy elevados (sobre todo en baja), debido a que los usuarios son propietarios y gestionan la mayoría de las infraestructuras.

Generalizando en el territorio español, los costes ambientales y del recurso no están claramente definidos y su cálculo y aplicación puede ser complejo, pudiendo darse el caso de que los costes de recopilación de la información y de gestión de la misma sean superiores a los beneficios esperados con la aplicación de tarifas que permitan su recuperación. Además, estas tarifas pueden tener efectos muy distintos según las zonas y los tipos de agricultura: por ejemplo en la agricultura intensiva mediterránea es previsible una reducción del consumo de agua muy pequeña, mientras que en los valles interiores (Duero, Ebro) el impacto esperado es muy superior.

Para concluir esperamos que este trabajo anime el debate y fomente la transparencia sobre el uso de instrumentos tarifarios y de recuperación de costes ya que el principio de recuperación de costes tiene como resultado una mayor eficiencia en el uso de recurso y una mayor equidad entre sectores, entre territorios y entre personas al evitar subvenciones poco transparentes ocultas en costes no repercutidos. Finalmente, no es posible hacer una política ambiental rigurosa si el Estado no se dota de los mecanismos financieros necesarios, y la política tarifaria transparente es un mecanismo eficaz para conseguirlo.

## Referencias bibliográficas

- Berbel, J., Viaggi, D. y Manos, B. (2009). "Estimating demand for irrigation water in European Mediterranean countries through MCDM models". *Water Policy Journal*. Vol 11 No 3 pp 348-361. doi:10.2166/wp.2009.043
- Cabezas, F. (2009). "Mito y verdad de la directiva marco". *Ingeniería y Territorio*, 85:4-11
- Carles, J., Avellá, Ll. y García-Mollá, M. (1999) "Precios, costos y uso del agua en el regadío mediterráneo". Comunicación presentada al *1er Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*, Zaragoza.
- CEC (2003). *Economics and the Environment. The implementation challenge of the Water Framework Directive. A Guidance Document*. Working group for the economic studies of the WFD. Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- CEC (2007). *Towards sustainable water management in the European Union. First stage in the implementation of the Water Framework Directive 2000/60/EC*. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, Bruselas.
- Easter, K. W. y Liu, Y. (2005). "Cost Recovery and Water Pricing for Irrigation and Drainage Projects". *Agriculture and Rural Development Discussion Paper*, 20. World Bank, Washington, D.C.
- Embid, A. y Garrido, A. (1998). "Las Comunidades de Regantes. Aspectos económicos". En Martínez, M.J. (Coord.): Ponencias y comunicaciones. *IX Congreso Nacional de Comunidades de Regantes*. Comunidad General de Usuarios del Canal Imperial de Aragón, Zaragoza.
- García Mollá, M. (2000) *Análisis de la influencia de los costes en el consumo de agua en la agricultura valenciana. Caracterización de las entidades asociativas para riego*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Economía y Ciencias Sociales.

- García Mollá, M. y Vega, V. (2006). "El nivel de recuperación de costes en la agricultura. El caso de la Comunidad Valenciana" en *El análisis económico en la Directiva Marco del Agua: Incidencias e implicaciones para España*. Madrid: Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y aguas subterráneas.
- Gómez-Limón, J.A. y Berbel, J. (2000). "The Multicriteria Analysis of derived Water Demand Functions: a Spanish Case Study". *Agricultural Systems*, 63(1):49-72
- Maestu, J. y Berbel, J. (2009). "Financiación de servicios de agua y la aplicación de excepciones al principio de recuperación de costes". Comunicación presentada a las *XIV Jornadas de Derecho de Aguas*, Zaragoza.
- Maestu, J. y del Villar, A. (2006). "Servicios del agua y recuperación de costes". *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, 59:45-50.
- Mema, M., Calvo, E., Mateos, J.A. y Albiac, J. (2008). "Precios y coste del agua de uso agrario en la Cuenca del Ebro". *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 18(1):199-218.
- MMA (2007). *Precios y costes de los Servicios del Agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Artículo 5 y anejo III*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Molle, F. y Berkoff, J. (2007). "Water Pricing in Agriculture: Mapping the Debate in the Light of Experience". En Molle, K. y Berkoff, J. (Eds.): *Irrigation water pricing: The gap between theory and practice*, Capítulo 2 IWMI/CABI, Wallingford, UK.
- Ortega, A. y Sáez, F.J. (2004). "Incidencia económica de las Comunidades de Regantes en Andalucía". Comunicación presentada al *IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*, Tortosa.
- Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M., Varela, C. e Iglesias, E. (1998). *Economía y política de gestión de agua en la agricultura*. MAPA/Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.



# El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español<sup>1</sup>

*Javier Calatrava Leyva y Almudena Gómez-Ramos*

## 1. Introducción

Este capítulo pretende ser un punto de convergencia entre la abundante literatura publicada en los últimos años sobre mercados de agua y su realidad práctica vivida en España desde 2005. El objetivo final es revelar el posible papel que tienen los mercados de agua como instrumentos válidos para asignar recursos hídricos en el contexto del regadío español. Para ello se comienza con una aproximación conceptual a los mercados en sus distintas modalidades de implementación en función de la diferente concepción del derecho de propiedad del agua y las formas de ser transferido, elementos que justifican el diferente desarrollo que éstos han tenido en distintas partes del mundo con resultados variados en cuanto a la consecución de sus objetivos y en la valoración de las externalidades generadas. Se resumen, asimismo, los resultados más relevantes de los estudios realizados sobre el tema en España durante los últimos quince años y que han tratado de avanzar los posibles efectos del uso de este tipo de instrumentos para mejorar la eficiencia asignativa del recurso en el regadío, contrastando finalmente estos resultados con la realidad de su funcionamiento real en los últimos años. La perspectiva de este examen ilumina una visión crítica de los trabajos de carácter normativo de los mercados, pero no invalida muchos de sus resultados cualitativos.

---

<sup>1</sup> Se agradece la ayuda de Alberto Garrido en el desarrollo de este trabajo.

El trabajo también expone y analiza las experiencias de los mercados en España desde 2005, partiendo de la visión expuesta en publicaciones y comunicaciones a seminarios y congresos por parte de académicos y responsables políticos y de gestión. El diagnóstico de estas experiencias no es extremadamente dispar o divergente. Hay, con claridad, muchos elementos que corregir que se resumen en este trabajo, pero, en lo sustantivo, el mercado del agua -o las transacciones voluntarias remuneradas- debe seguir su evolución y perfeccionarse.

## 2. Los mercados de agua. Concepto y modalidades

Este apartado, a modo de introducción, trata de avanzar conceptos ligados a las transferencias de agua realizadas a través del mercado como elementos previos y necesarios a la valoración de experiencias realizada en este campo desde el punto de vista académico. Sumpsi *et al.*, (1998) definen un mercado de agua como "todo marco institucional en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando unas reglas establecidas al respecto, a cederlos voluntariamente a otros agentes económicos o usuarios a cambio de una compensación económica". Al hablar de mercados de agua se está haciendo referencia a muy diversos mecanismos de intercambio, que pueden estar sujetos a distintos niveles de intervención pública, y que permiten el intercambio voluntario de recursos de distinta naturaleza. Así los mercados de agua han surgido en algunos lugares de manera espontánea e informal en forma de cesiones puntuales de agua (India, Méjico, Islas Canarias,...) o, de manera formal, a través de la creación de un marco regulador explícito que trata de activar los intercambios.

Desde el punto de vista económico, el enfoque de asignación centralizada del agua por parte del Estado suele presentar problemas derivados de la aplicación de criterios políticos y de la falta de flexibilidad para adaptarse a cambios en los valores económicos y sociales del agua, si bien tiene la virtud de guiarse en mayor medida por criterios de equidad. Los mercados de agua transfieren la responsabilidad de reasignar los recursos hídricos desde la Administración Pública a los propios usuarios, que conocen mejor los beneficios que les genera su aprovechamiento, supliendo la falta de información por parte del Estado con la conducta de los usuarios, que recibirían señales de la escasez relativa del recurso a través del precio de mercado y, buscando su beneficio privado, lo emplearían de forma óptima. La reasignación del recurso a través del mercado es interesante en

aquellos sistemas en los que la asignación se basa en derechos proporcionales, como es el caso de España y Australia, que se muestran ineficientes cuando los usuarios son heterogéneos y obtienen diferentes beneficios del uso del agua (Randall, 1981). Una ventaja de reasignar derechos a través del mercado es que no es necesario hacer cambios en la distribución inicial de los derechos de propiedad (Howitt, 1998).

La implementación de estos mecanismos voluntarios de cesión en economías maduras del agua puede ser articulada a través de distintos modelos de gestión que condicionan en buena medida su funcionamiento. Así, ha habido países que han optado por una gestión claramente descentralizada y desregularizada, permitiendo la venta de derechos entre usuarios (caso de Chile o Australia), mientras que en otros casos, las administraciones hídricas han supervisado y controlado los intercambios realizados (España, California, Israel).

Los mercados de agua son un instrumento eficaz de gestión de la demanda de agua que permite abordar el problema de su escasez. Además el mercado incrementa en sí mismo el valor del agua, mediante el desplazamiento de ésta de los usos que otorgan un bajo valor económico a aquellos que más valor le aportan, sin que se incremente la disponibilidad total de agua, y permitiendo incrementos de bienestar que pueden ser considerables (Easter *et al.*, 1998). Estos beneficios son especialmente grandes en situaciones de sequía, permitiendo mitigar su impacto económico (Miller, 1996). El contexto en el que los mercados de agua deben situarse es, por tanto, aquel que viene marcado por la escasez coyuntural o estructural de agua.

De manera simplificada, podemos diferenciar dos tipos de intercambios de derechos o concesiones de agua (Howitt, 1998): *ventas permanentes de derechos*, en las que se transfiere la propiedad completa del agua en años futuros, y *contratos de cesión o alquiler de derechos* por un tiempo limitado, en los que se intercambia el agua físicamente. Las cesiones pueden ser puntuales (*mercados instantáneos* o "*spot*") o por más de un período de tiempo (*mercados de alquiler*, generalmente por un período inferior o igual a cinco años). Una variante de las cesiones temporales serían los *contratos de opción*, a través de los que se transfiere la opción de acceso al agua durante un período determinado, de modo que el comprador paga al vendedor una prima por el derecho de uso, no estando obligado a utilizarla si finalmente no necesita el agua. Al igual que en las cesiones de derechos, en los contratos de opción el derecho permanece en poder de su propietario inicial.

La cesión temporal del recurso puede hacerse dentro de un contexto de mercado libre o en un contexto más institucionalizado dirigido por agentes ajenos al propio uso del agua. Este último caso es el de los llamados *Bancos de Aguas*, en los que se contempla la participación de una agencia gubernamental que pone en contacto compradores y vendedores estableciendo precios de intercambio. Los diferentes modelos de implementación de mercados de agua dependen de las diferentes concepciones que se tengan del recurso en cada caso. Así surge el permanente debate de si la naturaleza del agua como bien público es compatible con su consideración como un bien intercambiable y, por tanto, mercantizable. Es precisamente esta última consideración la que garantiza la eficiencia económica de la asignación, pero a la vez es responsable en buena medida de las disfunciones ambientales y sociales a que han dado lugar muchos intercambios.

Los diferentes tipos de mercados de agua no son excluyentes, sino que de hecho se dan de manera conjunta y complementaria, ya que cada uno de ellos responde a necesidades distintas de los usuarios. La venta de derechos se asocia a cambios permanentes en el valor del agua en los distintos usos, siendo la mejor opción para cambios estructurales a largo plazo de la oferta o la demanda, mientras que las cesiones de agua y los contratos de opción permiten hacer frente en mayor o menor medida a situaciones coyunturales de escasez de agua.

Un repaso de las distintas experiencias de intercambio de derechos de uso pone de manifiesto la importancia de determinados elementos diferenciadores como factores clave en el funcionamiento de estos mercados. Así, la fisiografía de la cuenca, la economía de la zona, los niveles de riesgo soportados por los participantes o la definición del derecho de uso o propiedad del agua explican en buena medida su funcionamiento. En los casos de California o Australia, con mercados formales bien asentados, tanto las instituciones como el marco legal que regula los intercambios son fundamentales para su funcionamiento. El caso chileno, caracterizado por una gestión poco regularizada, ha generado fallos de mercado que han afectado a las economías menos favorecidas o al medioambiente. En Israel los mercados de agua se plantean como un instrumento de intercambio y cooperación con un importante potencial de cara a la resolución de conflictos.

### 3. Los mercados de agua y el riesgo en la disponibilidad de agua

La variabilidad de la disponibilidad de agua para un usuario depende de la variabilidad natural del recurso, de su nivel de regulación mediante infraestructuras y de los criterios de gestión y asignación del recurso. Las infraestructuras de almacenamiento y distribución y las tecnologías de aplicación del agua de riego tienen efectos positivos sobre la reducción del riesgo en la disponibilidad de agua, si bien sus costes pueden ser superiores a los beneficios derivados de dicha reducción. Por su parte, los sistemas de asignación y gestión del agua (por ejemplo, la gestión interanual de las reservas) permiten también modificar la vulnerabilidad de los usuarios frente al riesgo de escasez, si bien no son siempre eficientes y, además, su impacto depende en gran medida del tipo de derechos de propiedad sobre el agua (Burness y Quirk, 1979).

Los recursos hídricos que presentan un menor nivel de variabilidad e incertidumbre son generalmente más valiosos. En ese sentido, los intercambios de agua tienen una motivación clara de reducción del riesgo hídrico para los usuarios del recurso, si bien los diferentes tipos de mercados tienen diferentes implicaciones en lo relativo a dicha reducción. Las cesiones temporales de derechos o ventas de agua son instrumentos que, bien diseñados y supervisados, aportan más flexibilidad a la gestión del agua, estabilizando la disponibilidad de agua de los usuarios, incrementando la eficiencia en el uso del recurso y mitigando los efectos adversos de los períodos de escasez coyuntural, siendo además mejores que los mercados de derechos a la hora de estabilizar la disponibilidad de agua de un usuario (Howitt, 1998). Las cesiones de derechos son una alternativa a los métodos convencionales de gestión de agua, pudiendo sustituir a la construcción de infraestructuras que sólo se utilicen en situaciones de sequía, proveyendo un seguro contra éstas a un menor coste tanto social como privado, y permitiendo compensar de forma adecuada a los usuarios que cedan temporalmente sus derechos (Michelsen y Young, 1993). Las transacciones puntuales de agua reducen la vulnerabilidad económica de los usuarios derivada de la variabilidad interanual de sus dotaciones (Calatrava y Garrido, 2005).

Frente a las cesiones de derechos, los intercambios permanentes de derechos favorecen las inversiones productivas a largo plazo y reducen los costes de transacción asociados al intercambio, siendo preferibles en situaciones de escasez estructural. Sin embargo, pueden plantear problemas de especulación, acaparamiento de derechos y menor actividad de mercado, que pueden generar situaciones de falta de competencia. Las cesiones de derechos no plantean estos problemas, siendo una opción mejor para hacer

frente a situaciones coyunturales de escasez. En ese sentido, la legislación española, debido al carácter público y concesional del agua, optó por permitir los intercambios mediante contratos de cesión frente a los mercados de derechos.

Sin embargo, tanto los mercados de derechos como las cesiones temporales hacen que el coste del riesgo sea soportado por una de las partes: en el primer caso el vendedor pierde el acceso al recurso, mientras que en el segundo el comprador debe de confiar a largo plazo en una fuente insegura de agua que puede no estar disponible cuando la necesite. La cesión temporal de derechos sobre el agua entre dos usuarios transfiere temporalmente el riesgo que conlleva la tenencia del agua entre los potenciales usuarios, mientras que la transferencia permanente de los derechos sobre el agua supone una transferencia total del riesgo inherente al acceso. La alternativa que se plantea para una mejor distribución del riesgo entre ambas partes son los contratos de opciones sobre el agua (Michelsen y Young, 1993), que tienen la ventaja de eliminar riesgos para comprador y vendedor, mejorando de forma notable la garantía de suministro de los usuarios e incrementado su bienestar (Gómez-Ramos y Garrido, 2004).

Las experiencias analizadas sobre cesiones de agua muestran que la efectividad de estos intercambios está influida directamente por los diferentes elementos de incertidumbre que afectan a los sistemas. La adaptación de los mercados a situaciones de riesgo es necesaria y posible, no sólo para la adecuada asignación del agua, sino también para una adecuada asignación del riesgo. Las experiencias australiana, americana o española ponen de manifiesto la necesidad de ir más allá en el desarrollo de los mercados, proponiendo mecanismos de intercambio más sofisticados, que aseguren una redistribución de los derechos y una asignación estacional de forma rápida y con bajos costes de transacción, y permitan una flexibilización de los intercambios de manera que éstos se adapten al contexto de incertidumbre en el que se desarrollan (Young y McColl, 2003).

## **4. Revisión de la literatura que analiza el potencial de los mercados en el regadío español**

Las aportaciones del mundo académico al conocimiento de los mercados de agua en España, pueden, de manera simplificada, agruparse en tres grandes categorías. En primer lugar, existen trabajos que analizan de manera más o menos descriptiva los mercados de tipo formal o informal que han existido tradicionalmente en España, siendo los casos de Levante y Canarias, probablemente, los mejor documentados (Ponce Herrero, 1992; Domínguez Vila, 1996). En segundo lugar, muchos trabajos de índole legal e institucional que analizan las disposiciones legales relativas a los intercambios de agua, haciendo hincapié en su viabilidad, las ventajas e inconvenientes del diseño elegido, sus limitaciones y sus potenciales impactos (Rico y Gómez-Limón, 2005). Sus conclusiones son la base para una parte importante de este capítulo, y a ellas se hará referencia en posteriores apartados. Finalmente, numerosos trabajos han tratado de estimar los posibles beneficios e impactos que se derivarían de los intercambios de agua en el ámbito agrario bajo muy diversas condiciones económicas, tarifarias y de disponibilidad de agua. El siguiente subapartado resume brevemente las principales conclusiones de esta línea de trabajo.

### **4.1. Mercados y eficiencia económica: Estimaciones de ganancias derivadas de los intercambios**

Debido a lo escaso de las experiencias reales con mercados de agua formales en España hasta fechas recientes, la mayoría de los trabajos sobre sus efectos, negativos o positivos, tienen un carácter más bien normativo. La mayoría plantean y simulan situaciones hipotéticas de mercado para evaluar dichos efectos o testar diferentes formas organizativas. Al igual que los trabajos realizados en otros países, el enfoque más utilizado es la modelización mediante programación matemática del comportamiento de los participantes en el mercado, siendo muy escasos los trabajos basados en análisis econométricos, teoría de juegos o experimentos económicos<sup>2</sup>. La mayoría simulan intercambios de agua utilizando funciones de valor o utilidad marginal del agua de riego obtenidas mediante modelos de programación que simulan el comportamiento de los agricultores en cuanto a la asignación de superficie y agua entre cultivos.

---

<sup>2</sup> Tan sólo Garrido (2007a y 2007b) ha empleado experimentos de mercados realizados en un laboratorio de economía experimental para estudiar diferentes marcos de regulación del mercado de agua.

El tipo de mercado simulado que predomina de manera casi absoluta son los intercambios puntuales de agua. El principal efecto analizado es la mejora del bienestar, aunque algunos trabajos incorporan efectos ambientales (Calatrava y Garrido, 2001), sobre el empleo (Gómez-Limón y Martínez, 2006) o sobre la reducción del riesgo (Calatrava y Garrido, 2005). En algunos trabajos el objetivo es comparar los beneficios de los mercados con los de otras formas alternativas de asignación como diferentes reglas de reparto (Martínez y Goetz, 2007). También es frecuente la consideración del mercado como un instrumento aislado, si bien algunos trabajos analizan sus efectos en combinación con otros instrumentos como cambios en las tarifas, restricciones a la sobreexplotación de acuíferos, impuestos sobre la contaminación, etc. (ver como ejemplo Albiac *et al.*, 2006). En cuanto al ámbito espacial de los mercados simulados, la mayoría de los trabajos considera intercambios entre usuarios de una misma zona regable o entre zonas cercanas, siendo más escasos los análisis de intercambios en el ámbito de la cuenca (Gómez-Limón y Martínez, 2006) o entre diferentes cuencas (Ballester, 2004; Albiac *et al.*, 2006).

Los incrementos de bienestar son generalmente modestos, ya que la mayoría de las simulaciones corresponden a mercados de ámbito reducido, siendo muy superiores en términos proporcionales para escenarios de gran escasez de agua y casi nulos para escenarios de mayor disponibilidad. A modo de ejemplo, el incremento medio de la renta agraria obtenido en diversos estudios y escenarios varía entre cero (Gómez-Limón y Arriaza, 2000; Arriaza *et al.*, 2002) y 15% (Calatrava y Garrido, 2005) dentro de una misma zona regable, llegando hasta el 20% en un mercado entre diferentes zonas regables (Garrido, 1998 y 2000) y al 25% a nivel de cuenca (Gómez-Limón y Martínez (2006). En general, las ganancias resultantes del mercado para los usuarios privados son mayores cuanto más amplio es el ámbito espacial considerado (Garrido, 1998 y 2000), si bien también pueden ser mayores los efectos externos.

Las experiencias recientes de mercados ponen de manifiesto que las estimaciones de la literatura sobreestiman el volumen de intercambios y las ganancias derivadas del intercambio si se consideran los precios pagados por el recurso (ver sección siguiente). En general, los supuestos en que se basan estos estudios son algo limitantes y carecen de realismo, por ignorar las numerosas restricciones técnicas e institucionales que presentan los mercados en la realidad. La mayoría asumen mercados perfectamente competitivos, cuando en la realidad existen importantes barreras a la competencia. Por ejemplo, son pocos los que toman en consideración explícitamente las restricciones que suponen la existencia de infraestructuras para el intercambio. También son muy escasos los que

incluyen costes de transacción, y los que lo hacen parametrizan valores no basados en estimaciones reales de los mismos. Por otro lado, los mercados se simulan en base a una disposición al pago estimada que es correcta para simular el comportamiento comprador pero no el vendedor. Tampoco se tienen en cuenta preferencias de tipo cultural que pueden influir en la decisión de vender, el carácter asociativo de las comunidades de regantes u otros factores externos que pueden ejercer influencia y limitar la libertad de los regantes a la hora de participar como vendedores en el mercado.

## **4.2. Mercado y equidad: Impactos sociales y ambientales**

La interconexión física de muchos de los usos del agua genera externalidades, que se materializan en afecciones sobre terceros agentes o sobre el conjunto de la sociedad. Estas pueden surgir, por ejemplo, de las afecciones a los retornos de agua aprovechados por otros usuarios, de los posibles efectos contaminantes derivados de los nuevos usos del recurso y de los posibles efectos sociales (por ejemplo, sobre el mercado de trabajo agrario).

Los *efectos sobre los flujos de retorno* pueden surgir como consecuencia de alteraciones del caudal y/o calidad de las aguas entre puntos de una misma cuenca que afectan tanto a usos consuntivos como no consuntivos, y que generan conflictos que pueden frenar el desarrollo de los mercados de agua. Cuanto mayor es el ámbito espacial afectado por el mercado, mayor es la probabilidad de generar perjuicios a terceros usuarios y mayor el control público necesario para evitarlos. Su regulación implica la introducción de complejos controles administrativos que pasan por limitar los intercambios sólo a la parte utilizada de los derechos, prohibir intercambios entre distintas zonas de la cuenca, establecer derechos de propiedad sobre retornos y usos no consuntivos, garantizar caudales y niveles piezométricos mínimos y llevar a cabo un adecuado control y revisión pública de los intercambios (Lee y Jouravlev, 1998; Brennan y Scoccimarro, 1999). Pese a su importancia, apenas hay trabajos que cuantifiquen estos efectos.

La cuestión de los posibles *efectos ambientales de los mercados de agua* en el ámbito agrario sigue estando sujeta a análisis y debate. En general, la capacidad de los mercados para generar impactos ambientales depende del ámbito espacial y sectorial en que tienen lugar, así como del tipo de impacto. La literatura muestra la existencia de diversos efectos diferentes y de signo contrario. En primer lugar, el establecimiento de

mercados de agua puede ocasionar que el consumo de agua en la cuenca aumente debido a una apropiación excesiva de caudales o a la activación de derechos que estaban infrautilizados, agravando con ello los problemas de escasez y garantía de suministro, que pueden derivar en efectos ambientales negativos. Si se trata de cuencas sobre-apropiadas como las del Sur y Levante Español, en las que las concesiones superan a los recursos disponibles, el efecto puede ser notable. En segundo lugar, puesto que el mercado promueve los cultivos de mayor valor añadido, y suponiendo que éstos hacen un uso más intensivo de inputs, podrían esperarse mayores niveles de contaminación (Calatrava y Garrido, 2001).

En tercer lugar, un mercado de agua supone una valorización del recurso que puede inducir cambios tecnológicos y/o menores consumos de agua que reduzcan el nivel de infiltración de agroquímicos y metales a los acuíferos (Dinar y Letey, 1991; Weinberg *et al.*, 1993). En cuarto lugar, los mercados de agua pueden exacerbar problemas como el de la salinización de tierras de cultivo en zonas sometidas a estrés hídrico (como ha ocurrido en Australia), lo que está ligado, entre otras cosas, a la degradación de la calidad del agua por la sobreexplotación de los recursos.

En cuanto a los *impactos sociales*, las experiencias del Suroeste de los EEUU muestran importantes reducciones del empleo en las zonas vendedoras de agua, si bien el efecto neto, incluyendo las zonas receptoras, es positivo, pese a lo cual no suelen existir mecanismos de compensación a los indirectamente afectados. En el caso español, el carácter social de muchas transformaciones públicas de regadío justificaría un interés por esta cuestión que no se ha materializado en la práctica. Arriaza y Gómez-Limón (2000) y Calatrava y Garrido (2001) han analizado esta cuestión en varias zonas del Guadalquivir, concluyendo que, restringidos al ámbito local, los intercambios entre regantes tendrían un impacto social y económico positivo, pero reducido. De hecho, el incremento porcentual del empleo agrario sería mayor que los beneficios privados (que, en última instancia, determinan los incentivos a vender o comprar), ya que el agua se reasigna hacia los cultivos más intensivos y rentables, que son los que demandan más mano de obra. En general, puede esperarse que cuanto más amplio sea el ámbito espacial del mercado mayor sea el efecto positivo total sobre la generación de empleo, pero también la destrucción de empleo en las zonas cedentes. De hecho, es común que en la mayoría de zonas rurales exista una imagen negativa de los regantes que comercien con sus derechos debido a una visión cultural del agua como un recurso más comunal que privado, el cual ha de generar riqueza para la comunidad rural a la que 'pertenece' (Sumpsi *et al.*, 1998; Ceña y Ortiz, 2001).

Finalmente, hay que recordar que el incremento de bienestar que genera la reasignación del agua a través del mercado no implica la existencia de una *equidad* en su distribución, la cual depende sobre todo del reparto inicial de los derechos o concesiones. Desde una óptica más institucional, Calatrava y Garrido (2006) estudian cómo la asignación inicial de derechos del agua, proporcional o bajo criterios de prioridad social, determina en gran medida cómo son las ganancias del mercado en términos de beneficio esperado y reparto del riesgo. Además, la existencia de externalidades y fallos de mercado genera también distribuciones poco equitativas de los beneficios del mercado, lo que requeriría del establecimiento de sistemas de intercambio que incorporen mecanismos compensatorios que tengan en cuenta cuestiones de equidad.

## **5. Experiencias de mercados de agua en España**

### **5.1. Sentido y sustento legal del mercado del agua**

La idea de los mercados como instrumentos de reasignación voluntaria surge en España de forma casi natural en un momento en el que era patente la necesidad de actualizar las asignaciones hídricas, especialmente en determinadas cuencas y para determinados usos. La sequía soportada a finales de la década de los noventa y la presión por parte de nuevos usos motivada por el crecimiento económico del país pusieron de manifiesto las deficiencias del sistema. La Ley 46/1999, de 13 de diciembre, permite la liberación del principio de "vinculación del agua a la tierra", abriendo así paso a los llamados mercados de derechos de uso de agua, si bien el derecho de aguas permanece inalterable en su concepción inicial al quedar la vinculación agua-tierra supeditada a la suscripción de un contrato de cesión temporal de derechos de uso de agua (Art. 61.2 del texto refundido de la ley de aguas de 2001, TRLA). De este modo, se permite al titular de una concesión administrativa su cesión bajo determinadas condiciones de tiempo y lugar, limitando el acceso únicamente a otros titulares de una concesión y permitiendo las transferencias solamente entre titulares de igual prelación o de menor a mayor prelación de uso. De acuerdo con el sistema de prelaciones de uso de la TRLA, las transferencias se limitarían únicamente de los usos agrarios a los usos urbanos -que tienen una prelación superior-, o bien, dentro del propio sector agrario. En consecuencia el sector agrario se ve en cierto modo protegido, pues la normativa impide la transferencia de derechos de los usos agrarios a otros usos que están por debajo en el orden de prelación, pero que son económicamente más productivos (usos industriales, recreativos etc.)

El desarrollo de este nuevo modelo es consecuencia de los cambios en la economía del agua, pero también de la rigidez del sistema concesional español que asigna los recursos hídricos en base a decisiones administrativas concebidas para largos períodos de tiempo, por lo que muchas de las condiciones iniciales relativas al valor de estos usos que justificaron en su día su asignación han cambiado en muchos casos (Maestu *et al.*, 2008). Estas condiciones para la asignación de agua abren el camino para las cesiones e intercambios de derechos de uso, ya que a través de estos instrumentos, temporalmente y en situaciones de escasez, el agua va a poder ser asignada a los usos más productivos, solventado de este modo la rigidez del sistema concesional.

La TRLA establece dos modalidades de cesión temporal de derechos: a través de *contratos de cesión* o mediante *Centros de Intercambio*. Los primeros surgen de la libre voluntad de los particulares y los segundos a iniciativa de los Organismos de Cuenca, quienes generan una oferta pública de adquisición de derechos de uso (OPAD) a los titulares interesados para posteriormente cederlos a otros titulares también interesados en el marco del procedimiento transparente que implica la contratación pública (Molina Jiménez, 2007). Ambas modalidades sólo serán autorizadas en situaciones de excepcionalidad hídrica como la sequía extrema o la sobreexplotación de acuíferos. Es importante apuntar que la normativa establece que las cesiones entre miembros de una misma comunidad de usuarios están al margen de esta regulación, ya que se trata de actos internos regulados por sus propios estatutos que no precisan de autorización.

La Ley 46/1999 establecía que un Centro de Intercambio no podría retener ningún derecho, debiendo ofertar todos los adquiridos. Con el objeto de que estos centros pudieran habilitarse igualmente para salvaguardar usos ambientales, dicha Ley fue modificada por el Real Decreto-Ley 9/2006, que autoriza al Centro a reservarse derechos para usos ambientales y para la implementación de las políticas de agua de las CCAA competentes en la cuenca. Esta reforma ha sido necesaria para la viabilidad del Plan Especial del Alto Guadiana, que persigue la compra permanente de derechos a regantes con objeto de recuperar determinados acuíferos sobreexplotados de la cuenca.

De acuerdo con la normativa vigente, la puesta en marcha de contratos de cesión y la activación de los Centros de Intercambio precisa de dos aspectos. Por un lado, y como ya se ha dicho, es necesaria la consideración de la *situación de excepcionalidad hídrica* que faculta al Gobierno Central para autorizar temporalmente dichos instrumentos mediante la emisión de un Real Decreto-Ley de medidas urgentes para paliar los efectos de la sequía.

En segundo lugar se requiere su inclusión en los *Planes de Sequía* como medidas diseñadas para la gestión combinada de disponibilidades y necesidades de agua que se activarían de forma automática al alcanzar determinados umbrales de déficit establecidos en los propios planes.

Los centros de intercambio y contratos de cesión que han funcionado recientemente en España se han producido en su mayoría a raíz de la aprobación del Real Decreto-Ley 15/2005, de 16 de diciembre, de medidas excepcionales y urgentes para paliar los efectos de la sequía en determinadas cuencas (Segura, Júcar, Guadiana y Guadalquivir), a través del cual se autorizaba su funcionamiento en tales circunstancias. Esta normativa se ha prorrogado anualmente hasta noviembre de 2008 mediante la aprobación de sucesivos Reales Decretos-Ley (ver Cuadro 1), que han introducido reformas que básicamente se sintetizan en una reducción de requisitos y una ampliación de los supuestos aplicables con objeto de activar e incentivar las cesiones, pero siempre suponiendo formalmente el carácter excepcional de la situación hídrica antes mencionada.

A la hora de evaluar los intercambios se pueden distinguir al menos tres tipos de experiencias. En primer lugar, aquéllas que emplean las infraestructuras de los trasvases entre cuencas. Otras se configuran en la forma y el fondo de los centros de intercambio y, finalmente, existen el resto de contratos de cesión que no han precisado de infraestructura de interconexión entre cuencas. A continuación se comenta cada caso.

**Cuadro 1. Reales Decreto aprobados para potenciar contratos de cesión y centros de intercambio**

R.D-L	Objetivos	Plazo	Particularidad
15/2005	Combatir la sequía	17/12/2005- 30/11/2006	Se autoriza el empleo de infraestructuras de interconexión entre cuencas (Tajo-Segura y Negratín-Almanzora) para los contratos de cesión
9/2006	Reforzar la eficacia de los Centros de Intercambios para alcanzar objetivos ambientales	30/11/2006- 30/11/2007	Se realizan OPADs, temporales o definitivas, para destinar los recursos adquiridos a la mejora de la calidad de aguas subterráneas, la creación de reservas ambientales y la cesión a las Comunidades Autónomas
9/2007	Prórroga el decreto 15/2005	30/11/2007- 30/11/2008	Exención de las exacciones relativas a la disponibilidad de agua en el trasvase y postravase Tajo-Segura y la cuota de la tarifa de utilización del agua y del canon de regulación establecidas en el art. 114.

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Intercambios entre usuarios de distintas cuencas

De acuerdo con Yagüe (2008) el recuento de operaciones realizadas durante los años 2006-2008 queda reflejado en el Cuadro 2.

### *Conexión Negratín-Almanzora*

En primer lugar cabe comentar el caso de la cesión de caudales de los arroceros del Bajo Guadalquivir a la Cuenca del Almanzora (Almería), articulado mediante siete contratos en los que cedente y comprador son la misma entidad: Aguas del Almanzora S.A., por el hecho de ser esta sociedad propietaria de fincas con derechos de riego en el Bajo Guadalquivir. Al coincidir vendedor y comprador, el precio de transferencia es nulo, si bien hay que indicar que las fincas habían sido previamente adquiridas a un precio medio de 24.000 euros por hectárea. Cabe suponer además un impacto sobre el conjunto de la cuenca al detraerse y trasvasarse aguas en cabecera de la cuenca, si bien se impuso la condición de que sólo se trasvasasen el 50% de los caudales ligados a los derechos de las tierras adquiridas. Asimismo se produjeron cesiones de derechos, también a Aguas del Almanzora S.A., de la C.R. del Río Bembézar (Guadalquivir Medio) al precio 0,18 €/m<sup>3</sup> y de la C.R. del Pago de la Vega de Serón al precio de 0,15 €/m<sup>3</sup>.

### *Conexión Tajo-Segura*

Se han producido cesiones, a un precio que ha oscilado entre 0,18-0,28 €/m<sup>3</sup>, que se caracterizan en su mayoría por haberse considerado dotaciones intercambiables muy elevadas, de 13.500 m<sup>3</sup>/ha en el Canal de Estremera y 12.000 m<sup>3</sup>/ha en el Canal de Las Aves, en ambos casos superiores a las dotaciones brutas máximas consideradas en el vigente Plan de Cuenca del Tajo<sup>3</sup>. En el caso de Estremera se han transferido al Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura (SCRATS) 31,5 hm<sup>3</sup> anuales durante tres años, mientras se ejecutan las obras de la modernización de la Comunidad de regantes, a un precio de venta de 0,19 €/m<sup>3</sup> el primer año, que se ha ido incrementando en función del IPC hasta los 0,22 €/m<sup>3</sup> del tercer año.

<sup>3</sup> El Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo, aprobado por Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, establece una dotación bruta máxima en cabecera de canal de distribución o toma de la zona regable de 7.500 m<sup>3</sup>/ha para los regadíos públicos de aguas superficiales de la zona de Estremera (Subsistema Alto Tajo, al que pertenecen ambas zonas regables), considerando una eficiencia en la conducción principal de 0,87, lo que hace un total de 8.620 m<sup>3</sup>/ha. En concreto, las demandas brutas consideradas en dicho plan para las zonas regables de Estremera (2.300 hectáreas) y Canal de Las Aves (3.678 hectáreas) son de 17,25 y 27,57 hm<sup>3</sup> anuales respectivamente

**Cuadro 2. Recuento de operaciones de cesión aprobadas por el MMA**

<b>Año</b>	<b>Nº de transacciones</b>	<b>Volumen afectado (m<sup>3</sup>)</b>
2006	6	75.408.084
2007	17	102.393.891
2008 (parcial)	2	67.989.226

Fuente: Yagüe (2008).

El contrato de cesión del Canal de las Aves a la Mancomunidad de los Canales del Taibilla consistió en dejar almacenados en la cabecera del Tajo unos caudales de 36,9 hm<sup>3</sup>, que finalmente no se llegaron a transferir, con el objetivo de asegurar que los niveles de los embalses de cabecera del Tajo no bajarán por debajo del umbral crítico que imposibilita por ley el trasvase de recursos al Segura. El coste en 2007 fue de 8,5 millones de euros, mientras que en 2006 el precio fue mayor debido a que a la firma del acuerdo los regantes ya habían incurrido en costes de cultivo. En ambos casos, las cesiones se beneficiaron de exenciones en la tarifa del Acueducto Tajo-Segura.

### **5.3. Centros de intercambio**

Se cuenta con tres experiencias de OPAD de agua a través de Centros de Intercambio de diferente naturaleza en las cuencas del Guadiana, Júcar y Segura. Resumimos en el Cuadro 3 las singularidades del centro de intercambio de cada cuenca. En ninguno de los tres casos se ha llegado a agotar el presupuesto inicialmente establecido (30 millones de euros, 12 millones de euros y 0,7 millones de euros respectivamente), por falta de suficientes oferentes que cumplieran con los requisitos.

### **5.4. Contratos de cesión**

Se tienen documentadas muy pocas experiencias recientes de contratos de cesión. Tal vez la de mayor volumen (20 hm<sup>3</sup>) tuvo lugar en el verano de 2002 entre la Mancomunidad del Sorbe (usos urbanos de Guadalajara y corredor del Henares) y la CR del Canal de Henares. La contraprestación económica incluyó un pago fijo de 38.000 €/año, y una parte variable de 0,04 €/m<sup>3</sup> por los primeros 4 hm<sup>3</sup> y 0,02 €/m<sup>3</sup> hasta completar los 20 hm<sup>3</sup> acordados. En la cuenca del Segura se autorizaron 35 cesiones de derechos entre 2000 y 2005, por un total de 10,1 hm<sup>3</sup>.

**Cuadro 3. Características y funcionamientos de los centros de intercambio**

Cuenca	Objetivos	Precios <sup>1</sup>	Cantidades adquiridas	Cedentes	Adquirientes
Guadiana (PEAG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elevar niveles acuíferos</li> <li>•Aumentar caudales a Tablas de Daimiel</li> <li>•Reordenar usos</li> </ul>	No leñosos <sup>2</sup> : 6.000-10.000 €/ha Leñosos: 3.000-6.000€/ha	55 ha por 600.000 €; 1.060 ha por 10.000.000 €; 1286 ha por 12.300.000 € <sup>2</sup>	Regantes	C.A. de Castilla-La Mancha Otros regantes
Júcar	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Razones ambientales</li> <li>•Descenso nivel freático</li> </ul>	0,13-0,195 €/m <sup>3</sup> , sobre el 60% de derechos para usos de AASS	56,8 hm <sup>3</sup> (5.340.000 €)	Regantes	CH Júcar para aumentar caudales
Segura	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Caudales ambientales</li> <li>•Abastecimiento urbano</li> <li>•Reserva estratégica</li> </ul>	Precio máximo a pagar: 0,18 €/m <sup>3</sup> . Precio medio pagado en 2007: 0,168 €/m <sup>3</sup>	2007: 2,93 hm <sup>3</sup> (495.000 €) <sup>3</sup>	Regantes	CH Segura aumentar caudales y usos urbanos

<sup>1</sup> Impuestos incluidos;

<sup>2</sup> Estos valores se han obtenido como la diferencia entre el precio de la tierra de secano en Castilla-La Mancha y la de regadío.

<sup>3</sup> Se ha repetido la oferta con iguales condiciones en 2008.

Fuente: Elaboración propia

## 5.5. Evaluación de las experiencias

Las experiencias antes comentadas han sido objeto de numerosos análisis por parte de especialistas de muchos campos del saber, desde el derecho hasta la ecología y la ingeniería. Es por tanto difícil resumir toda esa panoplia de valoraciones, a pesar de lo cual se trata de sintetizar a continuación lo más esencial, ordenados de acuerdo con los aspectos más importantes.

### *Aspectos jurídicos*

La técnica jurídica que regula los intercambios (arts. 67-69 del TRLA) es muy prolija y reguladora en algunos aspectos, como el orden de jerarquía de usos que han de tener cedente y adquirente y en la fijación de los precios. Garrido (2007a y 2007b) analiza el impacto de esta restricción. Los reales decreto-ley, así como el armazón legal de las OPAD, han suplido algunas deficiencias de la Ley, potenciando, al menos en el papel, los usos ambientales. Sin embargo, no se contempla una posible valoración ambiental de cada propuesta de intercambio, lo que permitiría vincular las figuras de los intercambios con los objetivos de la DMA.

Todos los intercambios comentados en el punto anterior se han realizado siempre bajo el control público, ya que han precisado de una autorización para llevarse a cabo. En situaciones de déficit hídrico la legislación de aguas autoriza igualmente la reasignación directa de derechos a través de la expropiación por ley o de la revisión de derechos, mecanismos que han sido poco utilizados por las autoridades hídricas por ser poco atractivos debido a sus altos costes económicos y políticos. Las autoridades han visto una oportunidad en el desarrollo de estos intercambios, en la medida que los mercados son contemplados en la normativa como medio de evitar conflictos entre usuarios, de modo que la mayor parte de los intercambios han sido entendidos como acuerdos entre particulares.

Por otro lado, la compatibilidad de este marco legal basado en transferencias temporales con la "*vinculación del agua a la tierra*" ha tenido el efecto positivo de haber evitado la presencia en las transacciones de acaparadores o "*agutamientos*", que se asocian a movimientos especulativos ligados a la compra de derechos (Embid, 2008).

Otro aspecto conflictivo, que tal vez haya suscitado las peores valoraciones de todos los analistas, es la fijación de los caudales potencialmente transferibles. En esto la Ley fue parca y poco clara, pues aplicando un mayor énfasis legal se hubieran evitado transacciones de agua asociadas a dotaciones de agua excesivas. Finalmente, se echa de menos la consideración de la posibilidad de realizar ahorros voluntarios de agua por parte de los usuarios para enlazar años hidrológicos empleando infraestructuras de almacenamiento, en la línea del concepto de "*capacity sharing*" propuesto por Dudley y Musgrave (1988)<sup>4</sup>. Así, el concepto de garantía y oportunidad de uso no está recogido en la norma, porque sigue presa de una definición de los derechos de agua excesivamente nuclear, que impide la transferencia de algunos atributos de derecho de uso como pueda ser la garantía. Esta mayor flexibilización en la cesión de derechos de uso permitiría una mejor adaptación de las transferencias a la incertidumbre que encierra la disponibilidad de recurso en el momento y en la cantidad adecuada (Gómez-Ramos y Garrido, 2004).

---

<sup>4</sup> El "*capacity sharing*" es un sistema de asignación y gestión intertemporal del agua, en el que cada usuario posee o tiene derecho de uso de una fracción anual del agua contenida en un embalse, fracción que cada año corresponde a una cantidad que es variable y desconocida, pudiendo utilizarla, venderla o almacenarla a lo largo de varios periodos de tiempo, como en un banco. Puesto que cada usuario realiza su propia asignación intertemporal la asignación del recurso es, en principio, más eficiente que la derivada de las políticas de gestión de la administración y, al integrarse su percepción del riesgo en las decisiones, el riesgo económico se ve reducido. Pese a su viabilidad técnica, su aplicación puede generar conflictos entre usuarios.

En definitiva, se ha valorado positivamente la oportunidad de dicha normativa para abrir el abanico de instrumentos de cesión temporal de derechos de uso de agua en España, permitiendo flexibilizar el proceso de asignación para adaptarse a la situación hídrica de los sistemas de abastecimiento. Sin embargo, en nuestra opinión, peca de ser muy rígida desde el punto de vista de su capacidad de respuesta, ya que tiene un carácter *marcadamente reactivo*, lo cual restringe su potencial para anticipar los riesgos y, por tanto, las respuestas (Gómez-Ramos, 2008).

#### *Aspectos institucionales: transparencia, legitimidad y control público*

Se ha detectado poca o deficiente participación ciudadana y técnica en el diseño de los centros de intercambio. También ha suscitado una cierta desconfianza el papel ejercido por las administraciones central y autonómicas a la hora de controlar las operaciones y reorientarlas con fines políticos. Asimismo, el control público de las reasignaciones debería poder ejercerse con diferente nivel de cautelas y garantías, en correspondencia con la magnitud y características de cada intercambio. De esta forma, aquéllas de menor riesgo potencial deberían ser analizadas por una vía procedimental más ágil y directa que aquellas de mayor complejidad.

#### *Aspectos técnicos*

En primer lugar, llama la atención en la era de las TICs la dificultad para realizar las comprobaciones necesarias para autorizar los intercambios. Además, y ligado a ello, no se cuenta con un acceso directo y actualizado a las condiciones de las cuencas, los usos específicos, la infraestructura y la localización geográfica de los intervinientes en los intercambios. Todo ello dificulta la supervisión y el control e impide la valoración técnico-ambiental de los intercambios.

Hace falta un conocimiento más preciso de los recursos disponibles, prestando atención a los caudales ahorrados en zonas modernizadas con recursos financieros públicos, evitando así que estos caudales sean intercambiables. El cálculo correcto del caudal intercambiable debe hacerse teniendo en cuenta las pérdidas en el transporte y la aplicación en parcela, así como la evapotranspiración (a partir de los requisitos previos como el conocimiento de las infraestructuras existentes y sus características) y una correcta estimación de los retornos al medio natural.

### *Aspectos económicos*

Muchos autores han criticado que el precio pagado en algunas operaciones fuese muy superior al lucro cesante. Pero estas críticas olvidan que no es lo mismo la disposición a pagar por un bien que la disposición a aceptar una compensación por renunciar al mismo. El lucro cesante obedece a lo segundo, pero se ha calculado como si fuera lo primero. A pesar de ello, operaciones como la de Estremera y la del Canal de Aves han creado plusvalías excesivas, más por el volumen autorizado en el intercambio que por el precio unitario del agua. En el caso de las OPADs del Júcar, Guadiana y Segura, no se ha cubierto parte del presupuesto de adquisición, lo que indica que el precio ofrecido fue bajo, que hay presiones externas sobre los regantes para que no cedan, o que hay prácticas colusivas entre estos. Se ha documentado también la aplicación de un régimen económico preferencial de los usos transferidos mediante infraestructuras de interconexión de cuencas, abaratando por debajo de las tarifas de utilización ordinarias las tasas aplicadas sobre los caudales transferidos en el curso de operaciones de mercado.

### *Aspectos sociales*

Aunque se ha incidido mucho en aspectos económicos de los intercambios como los arriba comentados, se ha omitido cualquier consideración de los impactos sociales, caso del empleo, en las zonas cedentes. Existe consenso sobre la necesidad de que los intercambios de agua sean un instrumento aceptable tanto para los agentes afectados como de la sociedad en su conjunto. Sorprende que, por parte de las diferentes administraciones públicas, no se haya realizado valoración alguna en este sentido.

### *Aspectos ambientales*

Los aspectos ambientales pueden verse bajo dos perspectivas distintas. En primer lugar, los objetivos medioambientales pueden constituir en sí mismas la justificación de la utilización de este tipo de instrumento. Por ejemplo, a través del Plan Especial del Alto Guadiana, las Administraciones han podido adquirir derechos de uso de agua para disminuir las presiones ejercidas en la Mancha Occidental, con el objeto de intentar recuperar el parque natural de las Tablas de Daimiel.

En otros casos, la motivación de las operaciones ha sido lo escaso de las dotaciones de agua en algunas zonas o criterios económicos, siempre bajo una gestión racional del recurso. En estos casos, el uso del instrumento no se justifica por aspectos ambientales, pero sí hay que tener en cuenta los impactos medioambientales que puedan derivarse de su aplicación.

Pese a todo, las debilidades más importantes son la inexactitud existente para fijar los caudales potencialmente y efectivamente intercambiables, así como la no consideración de los efectos ambientales, positivos o negativos, lo que incluye no distinguir los distintos "camino" del recurso, atendiendo a las ofertas y demandas existentes y diferenciando, por ejemplo, entre cesiones aguas arriba, cesiones inter-cuencas, etc.

## **6. Conclusiones**

La historia de los mercados de agua en España viene precedida de muchos estudios académicos que, en gran medida, no trascendieron el carácter de conjeturas dado que en casi ningún caso analizaron fenómenos reales. Desde el derecho hasta la economía, pasando por la ecología o la hidrología, muchos autores aportaron luz sobre cómo deberían organizarse los mercados y qué tipo de expectativas podían depositarse en su aplicación práctica. Sin embargo, el carácter marcadamente normativo de la mayor parte de los modelos utilizados para la simulación de los intercambios pone de manifiesto el distanciamiento de los escenarios considerados con la realidad hidrológica, institucional y cultural del regadío español. No obstante, los resultados obtenidos tras la reciente puesta en marcha de los intercambios en el marco de la actual normativa no son lo suficientemente relevantes como para anular muchas de las conclusiones de estos trabajos, pues lo reducido de los intercambios no permite generalizar sus resultados.

Haciendo prospectiva, la reciente experiencia de mercados de agua puede calificarse como sorprendente por un lado, decepcionante por otro, pero en todo caso moderadamente esperanzadora. Ha sido sorprendente por la concentración de operaciones de compra-venta con un destino común: el sudeste español, empleando siempre las infraestructuras de trasvases pre-existentes. Otras operaciones han tenido lugar al amparo de las iniciativas de centros de intercambio u OPAD llevadas a cabo en Guadiana, Júcar y Segura para el rescate temporal o permanente de derechos de agua, con fines ambientales o económi-

cos, pero no han sido animadas por demandantes particulares de agua. De ahí en parte lo decepcionante de estas operaciones. De un lado, del espíritu de la Ley no emanaba una visión ni siquiera parecida a lo que ha sido la realidad. Por otro, la evaluación de las experiencias ha revelado muchas disfunciones, incógnitas y la necesidad de una regulación que mejore unos aspectos y tenga en cuenta otros que han sido ignorados.

La prospectiva que, a la vista de lo anterior, se puede hacer de los mercados del agua es de mayor recorrido y evolución. De un lado, las tensiones causadas por las diferencias entre la productividad del agua entre regiones y usos no van a disminuir, abriendo siempre una brecha en la cual se puedan identificar transacciones rentables que permitan la viabilidad de algunas zonas regables con apremiantes problemas de déficit hídrico estructural. Por otro lado, como sugieren Estevan y La Calle (2008), los titulares de usos no agrarios no han participado activamente en el mercado, y es probable que lo hagan en el futuro ampliando la profundidad del mercado y el número de operadores. Finalmente, queda todo por hacer en el campo de la gestión de riesgos de sequía y por explotar los contratos de opción y cualquiera de sus variantes. La investigación debe dar nuevos frutos y permitir el desarrollo de mercados del agua más seguros, eficientes, legítimos y ambientalmente beneficiosos.

## Referencias bibliográficas

- Albiac, J., Hanemann, M., Calatrava, J., Uche, J. y Tapia, J. (2006). "The rise and fall of the Ebro water transfer". *Natural Resources Journal*, 46(3):727-757.
- Arriaza, M., Gómez-Limón, J.A. y Upton, M. (2002). "Water markets for Irrigation in Southern Spain: A Multicriteria Approach". *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 46(1):21-43.
- Ballesteros, E. (2004). "Inter-Basin Water Transfer Public Agreements: A Decision Approach to Quantity and Price". *Water Resources Management*, 18(1):75-88.
- Brennan, D. y Scoccimarro, M. (1999). "Issues in defining property rights to improve Australian water markets". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 43(1):69-89.
- Burness, H.S. y Quirk, J.P. (1979). "Appropriative Water Rights and the Efficient Allocation of Resources". *American Economic Review*, 69(1): 25-37.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2001). "Análisis del efecto de los mercados de agua sobre el beneficio de las explotaciones, la contaminación por nitratos y el empleo eventual agrario". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 1(2):153-173.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2005). "Spot water markets and risk in water supply". *Agricultural Economics*, 33(2): 131-143.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2006). "Difficulties in adopting formal water trading rules within users' associations". *Journal of Economic Issues*, 40(1):27-44.
- Ceña, F. y Ortiz, D. (2001). "Socio-economic and institutional factors affecting water resources management in a CAP framework". En Dosi, C. (Ed.): *Agricultural use of Groundwater - Towards integration between agricultural policy and water resources management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 259-274.
- Dinar, A. y Letey, J. (1991). "Agricultural water marketing, allocative efficiency and drainage reduction". *Journal of Environmental Economics and Management*, 20:210-223.

- Domínguez Vila, A. (1996). "El mercado del agua en Canarias". En Embid Irujo, A. (director): *Precios y mercados del agua*. Editorial Civitas, Madrid.
- Dudley, N.J. y Musgrave, W. F. (1988). "Capacity sharing of water reservoirs". *Water Resources Research*, 24(5): 649-658.
- Easter, K.W., Rosegrant, M.W. y Dinar, A. (Eds.) (1998). *Markets for Water: Potential and Performance*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Embid, A. (2008). "Asignación del agua y gestión de la escasez en España: los mercados de derechos de agua". Ponencia presentada en la *Thematic Week Seven: Economics and Financing - The Role of Market Instruments in Integrated Water Management*. Tribuna del agua. Expo Agua 2008. Zaragoza.
- Estevan, A. y La Calle, A. (2008). *Transferencias de Derechos de Agua entre Demandas Urbanas y Agrarias*. Cuadernos de I+D+I. Canal de Isabel II. Madrid.
- Garrido, A. (1998). "An economic analysis of water markets within the Spanish agricultural sector: Can they provide substantial benefits?" En Easter, K.W., Rosegrant, M. y Dinar, A. (Eds.): *Markets for Water: Potential and performance*. Kluwer Academic Publishers, New York.
- Garrido, A. (2000). "A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector". *Annals of Operations Research*, 94:105-123.
- Garrido, A. (2007a). "Designing Water Markets for Unstable Climatic Conditions: Learning from Experimental Economics". *Review of Agricultural Economics*, 29(3):520-530.
- Garrido, A. (2007b). "Water markets design and evidence from experimental economics". *Environmental and Resource Economics*, 38(1):311-330.
- Gómez-Limón, J.A. y Arriaza, M. (2000). "Mercados locales de agua de riego. Una modelización multicriterio en el bajo Guadalquivir". *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 188:135-164.

- Gómez-Limón, J.A. y Martínez, Y. (2006). "Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study". *European Journal of Operational Research*, 173(1):313-336.
- Gómez-Ramos, A. (2008). "Gestión de la escasez, incertidumbre y mercados de opción en España". Ponencia presentada en la *Thematic Week Seven: Economics and Financing - The Role of Market Instruments in Integrated Water Management*. Tribuna del agua. Expo Agua 2008. Zaragoza.
- Gómez-Ramos, A. y Garrido, A. (2004). "Formal risk-sharing mechanisms to allocate uncertain water resources: the case of option contracts". *Water Resources Research*, 40 (12):1-11.
- Howitt, R.E. (1998). "Spot prices, option prices, and water markets: an analysis of emerging markets in California". En Easter, K.W., Rosegrant, M. y Dinar, A. (Eds.): *Markets for Water: Potential and performance*. Kluwer Academic Publishers, Nueva York.
- Lee, T.R. y Jouravlev, A.S. (1998). *Prices, Property and Markets in Water Allocation*. U.N. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Serie Medio Ambiente y Desarrollo, Santiago de Chile.
- Maestu, J, Gómez-Ramos, A. Garrido, A. y Sánchez Tamarit, S. (2008). "Instruments de mercat i gestió de l'escassetat hídrica". *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, primavera 2008:35-40.
- Martínez, Y. y Goetz, R. (2007). "Ganancias de eficiencia versus costes de transacción de los mercados de agua". *Revista de Economía Aplicada*, 15(43):49-70.
- Michelsen, A.M. y Young, R.A. (1993). "Optioning Agricultural Water Rights for Urban Water Supplies During Drought". *American Journal of Agricultural Economics*, 75(5):1010-1020.
- Miller, K.A. (1996). "Water banking to manage supply variability". En Hall, D.C. (Ed.): *Advances in The economics of Environmental Resources*. Vol. 1. Marginal Cost rate Design and Wholesale Water Markets. JAI Press, Greenwich, Connecticut: 185-211.

- Molina Jiménez, A. (2007) "Contrato de cesión de derechos al uso privativo de aguas públicas". En Embid, A. (Coord.): *Diccionario de derecho de aguas*: 464-479
- Ponce Herrero, G. (1992). "Explotación y gestión de aguas subterráneas en las comarcas del interior alicantino". *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 159:148-170.
- Randall, A. (1981). "Property Entitlements and Pricing Policies for a Maturing Water Economy". *The Australian Journal of Agricultural Economics*, 25:195-220.
- Rico, M. y Gómez-Limón, J.A. (2005). "Los mercados de agua: análisis de los condicionantes para su correcto desarrollo en España" *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 206: 33-62.
- Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M., Varela, C. e Iglesias, E. (1998). *Economía y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. MAPA y. Mundi-Prensa, Madrid.
- Weinberg, M., Kling, C.L. y Wilen, J.E. (1993). "Water markets and water quality". *American Journal of Agricultural Economics*, 75(2):278-291.
- Yagüe, J. (2008). "Experiencia de transacciones en España". Ponencia presentada en la *Thematic Week Seven: Economics and Financing - The Role of Market Instruments in Integrated Water Management*. Tribuna del agua. Expo Agua 2008. Zaragoza.
- Young, M.D. y McColl, J.C. (2003b). "Robust reform: The case for a new water entitlement system for Australia". *Australian Economic Review*, 36(2):225-34.



# Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos de opción<sup>1</sup>

*Alberto Garrido y Almudena Gómez-Ramos*

## 1. Introducción

La garantía en la disponibilidad de los recursos hídricos es un valor asociado al agua que debe ser tenido en cuenta a la hora de asignarlos. La agricultura de regadío es un sector vulnerable a esta incertidumbre en la garantía, especialmente en algunos sistemas agrarios en los que el estrés hídrico o la falta de disponibilidad de recursos dificultan la viabilidad de la producción. Ante este hecho, los usuarios presentan diferente grado de exposición a este riesgo, lo que justifica la implementación de los mercados de agua como instrumentos potenciales de gestión de los riesgos de sequía. Bien desarrollados, los mercados pueden desempeñar un papel importante a la hora de asignar la garantía en el acceso al recurso.

Sin embargo, ésta es un área en la cual el mercado del agua no ha tenido proyección, exceptuando algunos estudios académicos (Bjornlund, 2006; Gómez-Ramos y Garrido, 2004; Calatrava y Garrido, 2005a y 2005b; Michelsen y Young, 1993). El objetivo de este capítulo es profundizar algo más en este análisis mediante el diseño de un centro de intercambio que permitiese un reparto del riesgo más eficiente entre regantes, articulando su desarrollo en un contrato de opción de adquisición preferente. Tras presentar sus detalles, se ha tratado de ilustrar el interés de este tipo de contrato en contextos de incertidumbre a

---

<sup>1</sup> Este trabajo se ha realizado en colaboración con TRAGSATEC en el ámbito del proyecto de I+D+i titulado "Diseño y desarrollo técnico-administrativo para el establecimiento de un centro de intercambio de derechos sobre aguas aplicado al caso español. Un mecanismo de gestión eficiente del riesgo de sequía y de reasignación de agua". A su vez se agradece la ayuda de Marina Gil y Javier Calatrava en el desarrollo de este trabajo.

través de un análisis de riesgo llevado a cabo con los datos de reservas hídricas en un embalse de la cuenca del Guadalquivir. Las conclusiones de esta aplicación permiten extraer una visión moderadamente optimista en cuanto al futuro de los intercambios voluntarios de agua bajo la fórmula propuesta. Se concluye que es preciso organizar y poner en funcionamiento centros de intercambio que actúen de manera más ágil, inteligente (con el empleo de tecnologías de información), segura (con un examen más minucioso de las dimensiones ambientales de los intercambios) y legítima (aumentando la transparencia y participación en cada una de las etapas en que puede descomponerse una petición de intercambio o una operación en un centro de intercambio).

## 2. La asignación de los recursos hídricos y la vulnerabilidad de los usos agrarios a la sequía

La variabilidad de la disponibilidad de agua para un usuario depende de la variabilidad natural del recurso, de su nivel de regulación mediante infraestructuras, y de los criterios de gestión y asignación del mismo. El desarrollo de nuevas infraestructuras de almacenamiento y distribución permite modificar la probabilidad de ocurrencia de los períodos de escasez, al incrementar la disponibilidad de agua y mejorar la garantía de suministro, siempre que no sirva de estímulo a nuevas demandas. Sin embargo, sus costes pueden ser superiores a los beneficios derivados de la reducción del riesgo, pudiendo llegar al sobredimensionamiento de las infraestructuras. Éste, por ejemplo, es el resultado que con toda claridad ha mostrado recientemente Gómez (2009), aplicado al caso de la producción hidroeléctrica.

Por su parte, los sistemas de asignación y gestión del agua permiten modificar la vulnerabilidad de los usuarios frente al riesgo de escasez. De especial importancia es el tipo de derechos de propiedad que el usuario tiene sobre el recurso. Cuando el acceso al agua se basa en derechos proporcionales, la distribución del riesgo es homogénea entre los usuarios (Young, 2009). Cuando se basa en un orden de prioridades, la distribución del riesgo depende del puesto que se ocupa en el mismo. En cuanto a la gestión interanual de las reservas, que tiene un gran potencial para prevenir eventuales períodos de escasez, ésta no es en muchas ocasiones la óptima, debido a múltiples causas, entre las que pueden destacarse las elevadas demandas y la competencia entre usos (Iglesias *et al.*, 2003 y 2007).

Marcos institucionales de relativa complejidad para repartir el riesgo de abastecimiento son comunes en la longeva historia del agua en el levante valenciano. García Molina (2009) ha analizado el doble escalón de reparto del riesgo y del agua existente en Valencia. Situadas en lo alto del orden de prioridad de uso, las acequias principales de Valencia disfrutaban de los aportes de la acequia de Moncada y los derechos de los llamados "*Pueblos Castillo*" en los casos en que los aportes del Turia disminuyen por debajo de un nivel (denominado por el número de tablas que en un azud o represa se lleva a cabo dicha verificación). Se tiene así un marco de prioridades legalmente establecido con honradas raíces en la historia de Valencia, que proporciona seguridad a las acequias de Valencia a costa de otros usuarios situados aguas arriba. Calatrava y Garrido (2006) demuestran que cambiar de un sistema de derechos proporcionales a uno con prioridades, establecidas ya sea por razones históricas o de evolución social, es altamente improbable, como también lo es pasar de un sistema de prioridades sin mercado a uno con mercado sobre la base de derechos proporcionales, que es justamente el que, con algunas excepciones, consagra el Derecho de aguas en España. Por ello, cualquier marco institucional que altere el perfil de riesgo y la distribución de los beneficios de los usuarios del agua sólo es posible mediante acuerdos en los organismos de cuenca (juntas de desembalses, ver por ejemplo, Varela-Ortega y Hernández-Mora, 2009), o mediante instrumentos económicos.

Así, cabe preguntarse qué tipos de instrumentos económicos permiten gestionar el riesgo de sequías. Garrido y Gómez-Ramos (2008) los tipifican como instrumentos de aplicación *ex-ante* o *ex-post*, siendo los primeros de aplicación previa y anticipatoria al momento en que se sufre la escasez de agua o se dispone de menos cantidad de la esperada, y los segundos de tipo compensatorio y de aplicación posterior a la sequía. El marco del presente análisis es coincidente con el tipo de instrumentos *ex-ante*, y por ello se refiere al lector a otras obras para un estudio más completo de políticas de sequía o riesgo de desabastecimiento *ex-post* (Iglesias *et al.*, 2008).

Dentro de los instrumentos *ex-ante*, podemos distinguir los contratos derivados o indexados. Los derivados son contratos que dan derecho a una indemnización cuando un indicador pluviométrico o hidrológico es inferior a un umbral predeterminado. Aquel usuario que desee protegerse contra una sequía tendría disposición a pagar por un derivado que le cubriera todas o parte de las pérdidas que tal circunstancia le causaría. La contraparte del contrato sería un agente que asume dicho riesgo y cobra una prima por encajarlo. A su vez, este puede agruparlo con otros riesgos y transferirlos en contratos de retrocesión a otros mercados (Leiva y Skees, 2005).

Una opción de gestión con un mayor efecto de reducción sobre el riesgo económico es la descentralización de la gestión de los recursos hídricos. En el caso del denominado sistema de "*capacity sharing*" son los usuarios los que realizan su propia asignación intertemporal del agua, integrando su percepción del riesgo y realizando una asignación, en principio, más eficiente que la realizada por la Administración (Dudley y Musgrave, 1988).

Las cesiones de derechos o ventas de agua, sean puntuales o por un período de varios años, son instrumentos que bien diseñados y correctamente supervisados aportan más flexibilidad a la gestión del agua, estabilizando la disponibilidad de agua de los usuarios, incrementando la eficiencia en el uso del recurso y mitigando los efectos adversos de los períodos de escasez coyuntural tales como sequías, siendo además mejores que los mercados de derechos de agua a la hora de estabilizar la disponibilidad de agua de un usuario (Howitt, 1998). Las cesiones de derechos son una alternativa a los métodos convencionales de gestión de agua, pudiendo sustituir a la construcción de infraestructuras hidráulicas que sólo se utilicen en situaciones de sequía, proveyendo un seguro contra éstas a un menor coste tanto social como privado, y permitiendo compensar de forma adecuada a los usuarios que cedan temporalmente sus derechos (Michelsen y Young, 1993). Las transacciones puntuales de agua reducen la vulnerabilidad económica de los usuarios derivada de la variabilidad interanual de sus dotaciones (Calatrava y Garrido, 2005a). Garrido (2007a y 2007b), mediante experimentos realizados en el laboratorio, demuestra que un mercado en el que es posible especular entre períodos reduce sustancialmente la variabilidad de los precios y de los niveles de los embalses de regulación, y aumenta los beneficios derivados del mercado y los usos del agua.

Frente a las cesiones de derechos, los intercambios de derechos o concesiones de manera permanente favorecen las inversiones productivas a largo plazo y reducen los costes de transacción asociados al intercambio, siendo preferibles en situaciones de escasez estructural, como ha sido el caso de las ofertas públicas de adquisición (OPAs) del Guadiana (ver Calatrava y Gómez Ramos en este volumen). Por el contrario, plantean problemas como la posible especulación, el acaparamiento de derechos y una menor actividad de mercado, que pueden generar situaciones de falta de competencia. Las cesiones de derechos no plantean estos problemas, o al menos no con la misma virulencia, siendo una opción más flexible y efectiva por adaptarse mejor a los cambios de la oferta y la demanda de agua y permitir que la oferta de agua en el mercado sea mayor. Son en definitiva más adecuados para hacer frente a situaciones coyunturales de falta de agua. En ese sentido, la legislación española, debido al carácter público y concesional del agua,

optó por permitir los intercambios de agua mediante contratos de cesión frente a los mercados de derechos.

Como se ha visto, la reciente experiencia española de mercados de agua ha generado, por diversos motivos, un volumen reducido de intercambios (véase capítulo anterior). Para materializar en mayor medida su potencial son necesarias, entre otras cosas, políticas públicas que favorezcan el acceso al mercado del mayor número posible de participantes, el desarrollo de infraestructuras interconectadas y el establecimiento de otro tipo de mercados de cesión, y muy especialmente de opciones, que permitan a los usuarios protegerse del riesgo sin recurrir a otras fuentes alternativas de suministro de mayor coste. No hay aplicaciones prácticas de derivados sobre caudales o flujos hidrológicos, pero Leiva y Skees (2005) propusieron uno aplicado a Méjico.

Sin embargo, tanto los mercados de derechos como las cesiones temporales hacen que el coste del riesgo sea soportado por una de las partes: en el primer caso el vendedor pierde el acceso al recurso, mientras que en el segundo el comprador debe de confiar a largo plazo en una fuente insegura de agua. La alternativa que se plantea para una mejor distribución del riesgo entre ambas partes son los contratos de opciones sobre el agua (Howitt, 1998; Michelsen y Young, 1993; Gómez Ramos y Garrido, 2004), el cual es objeto de desarrollo en los siguientes epígrafes.

### 3. La gestión del riesgo y el contrato de opción

En el capítulo de Calatrava y Gómez-Ramos se ha revisado el papel de los mercados en el proceso de asignación del riesgo asociado a la variabilidad en la disponibilidad de recursos hídricos, llegando a la conclusión de que, tanto los mercados de derechos como las cesiones temporales hacen que el coste del riesgo sea soportado siempre por una de las partes participantes en el proceso. El análisis sugiere que el contrato de opción podrían ser el mecanismo más eficiente en la distribución del riesgo entre las partes intervinientes. La esencia de este hecho se basa en la propia naturaleza de la opción. El contrato de opción en el marco de los mercados de agua implica que el comprador adquiere el derecho, pero no la obligación, de comprar (*posición call*) o vender (*posición put*) una determinada cantidad de agua a un precio o compensación económica pactada (*precio de ejercicio*) en una fecha futura (*fecha de liquidación*). De este modo, el contrato sólo se

ejecuta en la fecha de vencimiento si la necesidad de recursos hídricos del comprador o la disponibilidad de éstos por parte del vendedor así lo disponen. Por tanto, a través del contrato de opción es posible asegurar la cesión de agua en períodos de escasez a un precio determinado, de forma que tanto el comprador como el vendedor se anticipan al riesgo que supone de disposición de una oferta aleatoria del agua (Michelsen y Young, 1993; Howitt, 1998). El resultado final de este proceso es el reparto del riesgo entre las partes, pues el establecimiento de la prima de ejercicio compensa el riesgo que implica la obligación de comprar o vender a la parte correspondiente, y el derecho de opción de compra o de venta a su vez sufraga la incertidumbre en la disponibilidad de agua en el futuro.

En los siguientes párrafos de este apartado se tratará de avanzar en este análisis, profundizando en aquellos elementos que encierra un contrato de cesión de derechos de uso, que de alguna manera están condicionando el riesgo que asumen las partes intervinientes. El análisis tratará de clarificar cómo el mecanismo de la opción es capaz de incorporar estos factores en el contrato disminuyendo el riesgo frente a otros tipos de instrumentos de cesión de aguas.

#### *Posiciones de las partes contratantes*

En primer lugar cabría referirse a los elementos que condicionan la actitud frente al riesgo de las partes implicadas en la transacción, pues las posiciones que toman en buena medida deciden el éxito o fracaso de ésta. Este posicionamiento es consecuencia del hecho de que en situaciones de incertidumbre puede existir una disparidad entre la asignación esperada de agua en el momento de tomar la decisión de transferir agua y la realmente dispuesta el momento en el que la transferencia se produce. Esta disparidad puede condicionar las posiciones de las partes que intervienen en la transacción (Calatrava y Garrido, 2005a) y, en consecuencia, puede suceder que las decisiones finales estén más relacionadas con los niveles de riesgo que cada una de las partes este dispuesta a asumir que con sus necesidades o disponibilidades reales de agua. Esta imprecisión del mercado podría superarse mediante un contrato de opción, pues el suscriptor de la opción tiene la certeza de poder comprar/ vender (ejercer la opción) si se verifican una serie de factores determinados por la disponibilidad real de recursos, o si los compradores tienen una la necesidad real de los mismos. De este modo el contrato puede facilitar las respuestas tácticas de los regantes ante la sequía, pues, en principio, conocen a priori toda la información que precisan para acceder al mercado (Calatrava y Garrido 2005b).

### *El precio de la transacción*

El precio final asignado al agua transferida es una fuente de riesgo cuyo valor está condicionado por la propia incertidumbre asociada a la disponibilidad de agua. De este modo, en un mercado "spot" o de cesión puntual de derechos el vendedor desconoce el precio que finalmente pagará por el agua pues éste dependerá del grado de escasez que exista en el momento en que realmente se produzca la transferencia. Por el contrario, la suscripción de una opción de compra es favorable para el vendedor pues aunque sufre unas pérdidas que se traducen en una menor flexibilidad en la toma de decisiones sobre la gestión del recurso debido al compromiso adquirido -está obligado a ceder parte de su agua disponible cuando el comprador lo disponga-, a cambio recibe una compensación inmediata y conocida de antemano a través de la prima de compensación, pagada por el comprador sobre la base de unas negociaciones previas, que internaliza los riesgos asumidos por las partes. De este modo, la cuantía de la prima puede ser incluida en su función de beneficios anuales. El vendedor se beneficia además de aquellas situaciones en las que la prima de compensación se sitúa por encima del coste real del recurso cedido. El balance para el comprador también es claramente positivo, pues tiene garantizada la cantidad de agua que necesita a un precio conocido en el momento en que ésta es necesaria. Como contrapartida, el comprador se compromete a mantener la opción de compra a un precio prefijado, que puede no ser el más adecuado en el momento de la compra.

### *Los costes de la negociación*

Un elemento a considerar al que es muy sensible la efectividad del mercado es el coste que implica la consecución del acuerdo, de modo que podrían fracasar los intercambios si los costes de transacción fueran muy altos. (Easter *et al.*, 1998; Luo *et al.*, 2007). Es evidente que estos costes de negociación están directamente relacionados con la incertidumbre acerca de la disponibilidad de agua, de manera que cuanto mayor es ésta y, por tanto menor la información disponible, las probabilidades de alcanzar un acuerdo son claramente menores. Los contratos de opción tienen la virtud de aminorar estos costes, pues facilitan el establecimiento de un marco estable de negociación con unas reglas de funcionamiento que consideran el contexto de incertidumbre en el que los contratos operan.

### *Los costes totales del contrato*

El coste final de la transferencia es un elemento decisivo para su aceptación, pues implica que la compensación al regante debe ser tal que se mantenga por debajo del coste de otras alternativas posibles al propio contrato. La evaluación económica, social y ambiental a priori de los contratos de opción a través de la prima de riesgo permite avanzar una valoración coste-eficacia respecto a otras alternativas plausibles. Además, la valoración del riesgo asumido por ambas partes tras la suscripción del contrato servirá de indicador sobre la idoneidad y el interés de esta fórmula de intercambio frente a otras alternativas. Lógicamente esta valoración debe ser revisada periódicamente (a la firma de un nuevo contrato) pues las situaciones de oferta y demanda de recursos son cambiantes, pudiéndose dar el caso de que esta alternativa deje de ser viables por la baja participación o por su excesivo coste.

### *La reglas de funcionamiento*

Gran parte del éxito de las transferencias de agua a través del mercado se debe a la transparencia y a la simetría de la información disponible, siendo estos elementos imprescindibles para que se alcance una situación de competencia perfecta necesaria para una asignación eficiente del recurso. Para ello es fundamental que exista un sistema de cesiones de derechos regulado de forma estable y adaptada a un contexto particular de incertidumbre. En este sentido, los contratos de opción se adecuan muy bien a un modelo de cesión regulado en el que las reglas de participación queden perfectamente explicitadas en las condiciones de acceso. Así, de cara al diseño de las reglas de funcionamiento del contrato de opciones es esencial que la administración hidráulica deba hacer respetar los derechos de los intervinientes, se ejecute o no la opción de uso. La confianza de los intervinientes en la validez del contrato debe ser total, especialmente si se trata de acuerdos de media o larga duración.

### *La consideración de las externalidades*

Los problemas ligados a las externalidades ambientales y sociales consecuencia de la liberalización de los mecanismos de asignación pueden ser superados por mecanismos cesión regulados y supervisados por las autoridades de la cuenca. En este sentido, la propia naturaleza del contrato de opción dota al mecanismo de la capacidad de atenuar

los efectos económicos de la cesión en el área donde se concentran los afectados o cedentes, por ejemplo los agricultores, en el caso de cesión por parte de los usos agrarios. Esto es así, en primer lugar, porque el agua es usada por los regantes la mayor parte de los años, de forma que la posible renuncia a parte del agua disponible para poder ser cedida es compensada al regante en forma de una prima anual, pudiendo revertir en actividades alternativas en el área. En segundo lugar, como los regantes permanecen de forma activa en la región (ya que la opción de venta no se ejecuta todos los años), los beneficios de la prima revierten directamente sobre el área. Y por último, la negociación entre las partes sobre la compensación en el medio-largo plazo, permite evaluar la afección a terceras partes de forma apropiada. Del mismo modo las afecciones al medioambiente podrán ser previstas, pues el número de suscriptores de la opción es conocido de antemano.

### *La anticipación de riesgos*

La anticipación de los riesgos proveniente de la no satisfacción de las garantías de suministro precisa de instrumentos de gestión de sequía calificados como pro-activos y que tengan un carácter flexible, de modo que puedan activarse de forma automática como consecuencia del establecimiento de umbrales o datos objetivamente verificables que habilitan su utilización (Garrido y Gómez-Ramos, 2008). Para tal fin es necesario el diseño de un contrato que considere un contexto complejo que tenga en cuenta todos los posibles escenarios con una probabilidad conocida. Este tipo de mecanismos permitirán una flexibilización de los intercambios con la capacidad de adaptarse al contexto de incertidumbre en el que se desarrollan (Bjorlund, 2008). Los contratos de opción encierran estos requisitos: por un lado se trata de un mecanismo flexible en la medida que se adaptan a la situación de escasez del momento puesto que se activan a partir de la decisión voluntaria de ejercicio de la opción. Por otra parte tienen un claro componente pro-activo o de anticipación de riesgos, pues el propio diseño del contrato y el cálculo de la prima tienen presente los distintos escenarios de riesgo. La implementación de acuerdos a largo plazo a través de los contratos de opción tienen la facultad de poder ser incorporados en planes o manuales de sequía, bien de las empresas de suministro o de las propias cuencas hidrográficas, de forma que éstas tendrían la potestad de blindarse frente a coyunturas políticamente cambiantes y polémicas (Gómez-Ramos, 2008).

## 4. Una propuesta de contrato en el marco de un centro de intercambio

El objetivo de este apartado es avanzar un modelo de gestión del Centro de Intercambio para el que la mejora de la garantía de suministro de agua de riego en tiempo y cantidad es su principal "modus operandi". Se propone de este modo un nuevo modelo de funcionamiento de los Centros de Intercambio en el que se incorpora un contrato de opción como el instrumento más adecuado para incorporar el riesgo en la gestión, siempre teniendo presente el marco del texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA). El Centro de Intercambio propuesto además incorpora la transparencia y la afección a terceras partes como elementos inherentes al propio funcionamiento del mismo. Sin embargo, al ser concebido este tipo de mecanismo en nuestro ordenamiento como un instrumento de reasignación de usos únicamente autorizado en situaciones de excepcionalidad hídrica (ver capítulo de Calatrava y Gómez-Ramos), existe una clara limitación de cara al diseño e implementación de intercambios en un marco temporal más amplio, que facilitaría su funcionamiento como un instrumento de gestión de sequía con capacidad para anticipar sus riesgos. Así por ejemplo, el marco legal vigente no prevé la definición precisa y clara de los volúmenes voluntariamente reservados por los titulares para la campaña siguiente. Este tipo de autogestión inter-anual de los caudales asignados a los concesionarios podría facilitar el diseño de contratos de cesión de más de un año que permitiría la gestión de los recursos dentro del contexto de un ciclo de sequía.

Asumiendo la limitación temporal a un año de la vigencia del centro de intercambio, es posible desarrollar transferencias de carácter estacional en el marco de funcionamiento del propio centro. Las cesiones de derechos de carácter estacional se muestran muy interesantes para los usos agrarios, especialmente en determinados sistemas agrarios, pues podrían facilitar la disponibilidad de agua en un momento puntual en el que el cultivo demanda cantidades muy precisas en tiempo y volumen. Está demostrado que la mayor productividad de los cultivos de regadío no sólo está ligada a la cuantía de agua aportada al cultivo, sino también a la precisión en el momento del aporte (Fereres y Golghamer, 2003). Este hecho es evidente en determinados cultivos de regadío muy sensibles al *stress* hídrico presentes en los regadíos extensivos del sur peninsular.

Para este fin se propone la puesta en marcha de un Centro de Intercambio de derechos de uso concebido de forma tal que se cree un mecanismo de acceso preferencial (equivalente a la opción a adquirir el derecho de uso del agua) a los potenciales comprado-

res de derechos. Para ello se abre la posibilidad de que el adquirente pueda acceder al derecho de uso de agua a un precio conocido, pero no adquiera la obligación de comprarlo en el momento de ejercicio de la opción pues pudiera ocurrir que desde que suscribió la opción de compra (o el acceso preferencial) las condiciones hidrológicas hayan cambiado -y se haya producido una revisión de dotaciones por parte de las autoridades competentes- de modo que es posible que sus necesidades hídricas no sean las mismas que las que tenía en el momento en que adquirió la opción. El establecimiento de un marco de acceso preferencial en el uso del agua se comporta de este modo como una herramienta de gestión de todos los riesgos que asume el adquirente, ya que considera en el diseño del contrato tanto el riesgo proveniente de la incertidumbre en la disponibilidad de recursos en el momento fijado para la cesión, como en el precio al que ésta podría producirse. De este modo se agrega más flexibilidad al propio sistema, flexibilidad que viene además acompañada de un incentivo adicional al usar más eficientemente el agua en casos en que esa mejora de eficiencia exige la seguridad en el acceso. La seguridad es por tanto la principal ventaja que aportaría para el adquirente la adquisición de derechos. En definitiva, lo que se persigue con este sistema es crear un marco de confianza tal que la agilidad y flexibilidad final de los intercambios se vean notablemente mejorados. Como ya se ha dicho, este tipo de gestión es muy interesante para determinadas zonas regables en la que predominan cultivos de alto valor económico pero altamente sensibles al stress hídrico, que se verían altamente beneficiadas ya que tendrían mayor certidumbre en la cantidad de agua disponible en cada subetapa de la campaña de riegos. Ello supone un valor añadido y una ventaja que muchos regantes estarían dispuestos a aprovechar y, por tanto, a pagar por ello.

Para que el instrumento goce de la agilidad y flexibilidad que demanda la situación es necesario que previamente se establezca un marco adecuado y preciso para el desarrollo de este tipo de transacciones. Este marco podría concebirse a modo de *protocolo de puesta en marcha* que tuviera en consideración cada uno de los elementos esenciales de un contrato de opción y que tuviese la capacidad de anticipar, por una parte, escenarios de riesgo vinculados al valor de la opción, y por otra, los potenciales impactos sociales y ambientales así como la valoración de sus efectos. Para ello es fundamental que este *protocolo de funcionamiento* o marco lógico quede perfectamente definido previamente a su puesta en marcha, de forma tal que los distintos mecanismos se activen automáticamente sin esperar a negociaciones previas entre potenciales interesados.

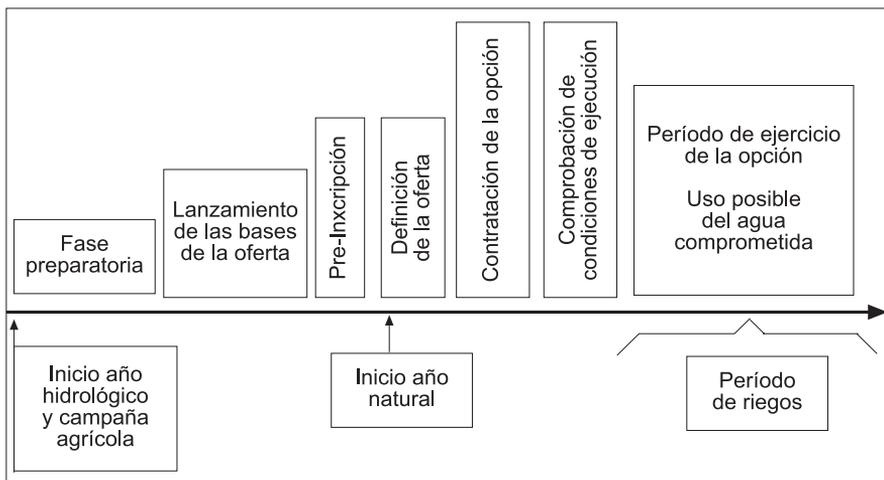
## 4.1. Fases del desarrollo de un contrato de opción

La construcción de este marco lógico se realiza en torno a la consideración de distintas fases que se desarrollan a lo largo del año hidrológico, y que suponen la fijación de las dotaciones agrarias a cada comunidad de usuarios, la decisión sobre posibles opciones de compra, o finalmente las posibles transferencias de agua que en su caso pudieran tener lugar. La estructura de fases modulares tiene el objetivo de facilitar la labor preparatoria del centro de intercambio y asegurar una tramitación ágil y eficaz de los contratos. Este proceso se articularía en torno a las siguientes etapas (ver Gráfico 1):

1. *Fase preparatoria.* La fase preparatoria se pone en marcha en el inicio del año hidrológico, que coincide con el inicio de la campaña agrícola. Éste es el momento en que las autoridades preparan un abanico de decisiones relativas a la asignación de agua en función del estado actual del sistema y en espera de los posibles aportes recibidos en el nuevo año hidrológico. El objetivo final de esta primera fase es la creación de un *marco normativo* y una *evaluación técnica* que considere los condicionantes hidrológicos del sistema y la normativa vigente, con objeto de justificar la habilitación de un centro de intercambio instrumentado a partir de un modelo de adquisición y transferencia de derechos de uso preferencial. Para tal fin será necesario abordar un análisis del riesgo que soporta el sistema de explotación en cuestión y la adaptación del modelo que se propone a la normativa vigente en materia de gestión de sequía y de planificación de la cuenca. El *output* final de esta fase será la creación del marco normativo general que establezca las bases para el funcionamiento del Centro basado en el análisis de riesgo y el establecimiento de las funciones de cada una de las instituciones y partes afectadas en el proceso.
2. *Fase de lanzamiento.* Una vez cumplidos los condicionantes legales e hidrológicos que van a definir el funcionamiento del Centro y establecidos los papeles de cada uno de los agentes implicados en este proceso, se procede a preparar la oferta de adquisición de derechos de uso por parte del Centro de Intercambio para de este modo permitir el acceso preferencial al uso a los posibles interesados en el proceso. Esta fase tiene un doble objetivo: por un lado delimitar cuáles serán los potenciales usuarios interesados en participar en el Centro, estableciendo de forma muy concreta los requisitos que deben cumplir y, en segundo lugar, la apertura al público del proceso de participación exponiendo de la forma más abierta posible cuáles son las bases de la oferta para de este modo disponer de una base de datos de usuarios interesados en participar a priori, decisión que deberá materializarse en el momento en que los adquirientes decidan o no ejercer su opción de compra.

3. *Fase de pre-inscripción.* Tras este proceso de comunicación se procede a invitar a los interesados a suscribir las opciones desde una *posición call* (de compra de opción de adquisición de derechos de uso) y a los potenciales vendedores de derechos de uso de forma temporal. Esta fase supone la inscripción previa en el proceso para poder tener una base firme de potenciales interesados. En este periodo los usuarios que deseen inscribirse deberán aportar una serie de datos sobre las características de su concesión, es decir del uso real y disponibilidades que tienen asignadas.
4. *Fase de definición de la oferta.* Las fases anteriores deben conducir a la formulación de una oferta de adquisición y de adjudicación de *Derechos de Acceso Preferencial*. En ella se deben definir aspectos como las cantidades mínimas de intercambio, los plazos de presentación y ejecución de la oferta, los puntos de toma y entrega del agua, los calendarios de riegos, si deben o no establecerse precios mínimos o máximos para el ejercicio de la opción, o la tasa de participación para cubrir los costes administrativos y de funcionamiento del Centro cubierto por los agentes participantes.

Gráfico 1. Cronograma de puesta en marcha de un Centro de Intercambio basado en el establecimiento de derechos de acceso preferencial



Fuente: Elaboración propia.

5. *Fase de contratación.* Una vez recibidas todas las ofertas, el siguiente paso consiste en "casar" las ofertas y las demandas siguiendo el algoritmo y las reglas habilitadas al efecto. Ambos deben ser diseñados de antemano, y deben publicitarse en la fase anterior. Precisamente, el objetivo de la fase de pre-inscripción es entre otras cosas, el de poder precisar con mayor detalle el modo en que se obtiene el precio de equilibrio.

La fase de contratación implica:

- Habilitar un procedimiento de pago por anticipado para cubrir los eventuales contratos de los adquirentes, al igual que se hace en los mercados de derivados (futuros u opciones), con las operaciones abiertas.
- Cada usuario debe recibir notificación personalizada del resultado de los intercambios.
- Hacer públicas las potenciales reasignaciones de agua a que dé lugar el algoritmo.
- Hacer público el sistema de ejercicio de las opciones.

El output final de esta fase es el establecimiento de la prima de ejercicio de la opción de compra que será consecuencia de las solicitudes presentadas y de la aplicación del algoritmo que las casa.

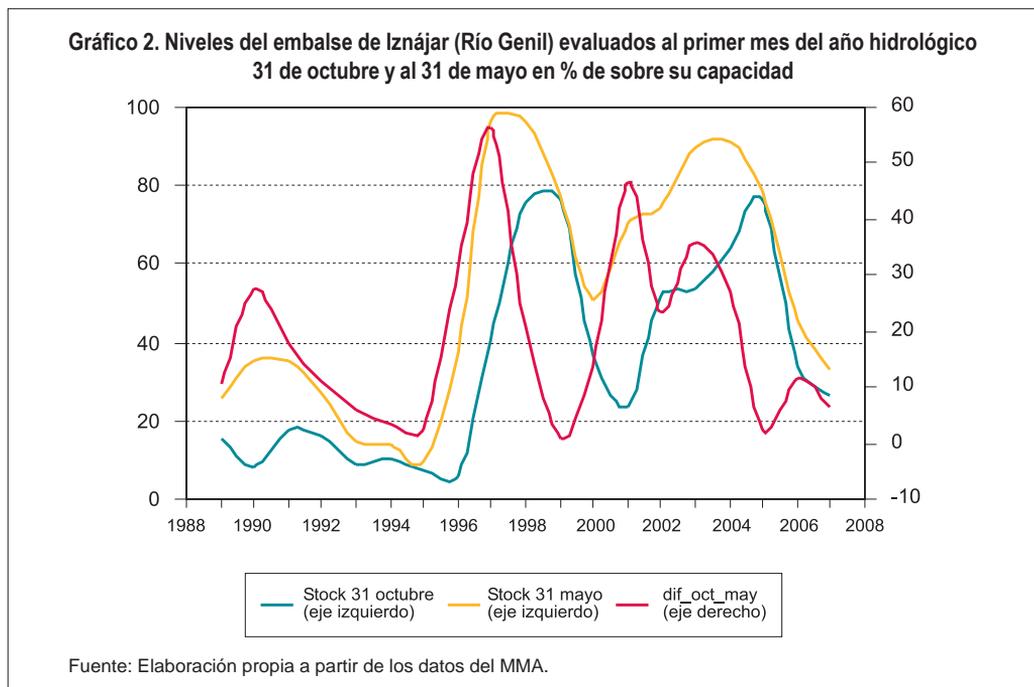
6. *Fase de comprobación.* Esta fase complementa la anterior pues se trata de comprobar que todas las contrataciones cerradas en la fase anterior son viables desde un punto de vista legal, y práctico. Una vez que estas ofertas hayan sido aprobadas se harán públicas de modo que el proceso sea totalmente transparente en todas sus fases.

7. *Fase de ejercicio.* Finalmente se procede a la cesión real de las opciones ejecutadas. Posteriormente será preciso verificar las cantidades realmente transferidas y los usos finales del agua.

## 4.2. Aplicación a un caso real: zona regable del Genil-Cabra

El modelo propuesto es idóneo para su aplicación en determinadas zonas regables cuya fuente de suministro es el agua regulada procedente de un embalse y cuyos regantes son vulnerables a la ausencia de garantía en el suministro por las características de los cultivos que producen. Además, la presencia de regantes con diferentes niveles de aceptación del riesgo de no ver satisfecha su garantía facilita la suscripción de derechos de acceso preferente como las que en este trabajo se propone.

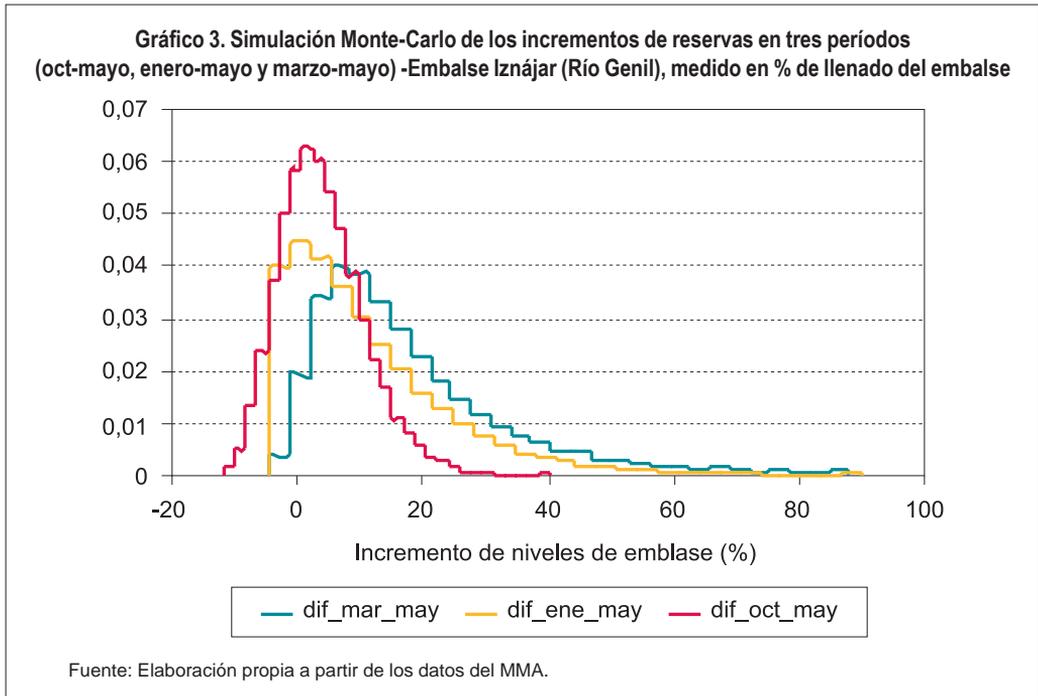
A continuación se presenta el análisis de riesgo aplicado a una zona regable que verifica las condiciones anteriores. Para ello se ha seleccionado la zona regable Genil-Cabra (Córdoba). Esta zona regable cuenta con unas 45.000 hectáreas regadas superficialmente del embalse de Iznájar que regula la aguas del Genil (afluente del Guadalquivir). A efectos de examinar, las posibilidades de aplicar un contrato de opción sobre los caudales disponibles de este embalse, es necesario examinar cómo varían las reservas del embalse. En el Gráfico 2 se representan los niveles medidos el 31 de octubre y el 31 de mayo del año siguiente (medidos en el eje de la izquierda) así como la diferencia entre ambos (medida en el eje de la derecha).



Se aprecia que en ausencia de sequía (los episodios de sequía sufrida en el período de análisis se localizan en los años 1993-1995, 1999 y 2005), el embalse siempre experimenta incrementos de sus reservas, fundamentalmente provenientes del deshielo de Sierra Nevada. De esta forma el contrato de opción se puede articular sobre la base de esos incrementos de disponibilidad de agua para la campaña de riego del verano que, como puede verse en el gráfico, no depende del nivel de embalses medidos al 31 de octubre, salvo que el sistema encadene varios años de sequía continuada (1993-1995). La gran variabilidad de los incrementos del nivel de embalse de octubre a mayo se reduce, como es lógico, con el transcurso del otoño y del invierno. De esta forma, el valor de una opción disminuye a medida que se conoce el nivel del embalse, y en consecuencia, la disponibilidad de agua para la campaña de riego del verano.

En el Gráfico 3 se representan las funciones de distribución de los incrementos de reservas en tres períodos (octubre-mayo, enero-mayo y marzo-mayo), obtenidos a través de simulaciones Monte-Carlo de las funciones ajustadas por medio de tests  $\chi^2$  de los incrementos registrados en los mismos meses en los 19 años transcurridos entre 1989 y 2008. Cada línea representa lo que podríamos asociar con una función de densidad de probabilidad, y nos informa sobre la probabilidad de que se produzcan diferentes aumentos de las reservas en el período previo al inicio de la campaña de riegos en mayo. Como estos aumentos son variables aleatorias, que dependen exclusivamente de la meteorología, es posible diseñar contratos de forma que unos regantes tengan acceso preferencial a parte del volumen adicional que se acumula hasta mayo, cedidos naturalmente por otros regantes que, teniendo derecho sobre esos aumentos, los entreguen voluntariamente. Un contrato de opción se puede articular sobre estos incrementos.

Sin embargo, los gráficos muestran diferencias importantes en el perfil de riesgo de los incrementos de niveles: por un lado la cola de la derecha disminuye a medida que disminuye el período de tiempo analizado aproximándonos a mayo, pero por otro la media se desplaza hacia la izquierda y el riesgo disminuye. Existe por tanto un valor de opción asociado al acceso del recurso en volúmenes que equivalen a incrementos de niveles de embalse de entre el 10 y el 20% (línea negra), que tienen una alta probabilidad de ocurrencia entre octubre y mayo. Algo menor entre enero y mayo, y sustancialmente menor entre marzo y mayo, porque la distribución correspondiente a este período se desplaza hacia la derecha. Ello sugiere que, en el caso de Iznájar, un contrato de opción debería articularse con los incrementos de reservas de octubre a mayo, lo cual permitiría una mejor planificación de los cultivos en la campaña de riego.



Este análisis de riesgo es fundamental para establecer las bases del contrato de opción. La variabilidad de la oferta de agua o, lo que lo mismo, el nivel de riesgo al que se enfrentan los regantes a lo largo de la campaña es lo que da valor a un contrato de opción, tanto desde una óptica privada como pública. Para los suscriptores del derecho preferencial porque les informa sobre los riesgos que están asumiendo al adquirir la opción de compra, y para los cedentes de derechos porque les informa del posible valor que adquirirá finalmente la opción cuando ésta se ejecute. Como resultado del contrato, el adquiriente se asegura la opción de acceder a cualquier recurso adicional que se genere entre la fecha de suscripción y el vencimiento del período de ejercicio. Por el contrario, el cedente ha cobrado una prima de riesgo, pero solo podrá usar el agua en el caso de que el adquiriente no decida ejercer la opción. Desde la óptica pública, las ganancias de este contrato se asocian con un reparto eficiente del riesgo, y del acceso libre a esta información de cualquier interesado.

## 5. Conclusiones

El control en tiempo real de las disponibilidades de agua para riego, así como la posibilidad de medir la variabilidad de la demanda de agua de los cultivos, constituyen el marco idóneo para desarrollar instrumentos de gestión del riesgo de sequías. En este trabajo se ha reflexionado sobre la importancia de dotar a los mercados de agua de una función que trasciende la asignación del recurso, abarcando también la gestión y el reparto eficiente del riesgo de sequía y disponibilidad. Las condiciones que existen en España (gran variabilidad de aportes y mucha capacidad de regulación) hacen posible que los intercambios de derechos de uso, definidos como contratos de cesión de concesiones o al amparo de los centros de intercambio, puedan articularse en un contrato de opción.

El capítulo profundiza en algunos detalles del contrato de opción conducentes a configurar un procedimiento para la implementación en el mundo real, definiendo las fases que deberían articularse para hacerlos efectivos y seguros. Finalmente, a modo de ilustración se propone el caso de un embalse de la cuenca del Guadalquivir (Iznájar), cuyos niveles muestran gran variabilidad entre años y entre el inicio del otoño y la campaña de riegos. Consideramos que son muchos en España los casos parecidos, que harían viable y deseable la configuración de contratos de opción que permitiesen a los regantes con menor flexibilidad y mayor vulnerabilidad al riesgo de sequía transferir el riesgo a otros con mayor flexibilidad y plan de cultivos menos vulnerables al riesgo de desabastecimiento.

Existen suficientes bases de conocimiento y tecnología y bases jurídicas para estudiar seriamente y a fondo este tipo de instrumentos, e iniciar acciones con los que poder experimentar. Falta la voluntad real de hacerlo, y comunicar bien la idea a los usuarios del agua y potenciales usuarios de este tipo de contratos.

## Referencias bibliográficas

- Bjornlund, H. (2006). "Can Water Markets Assist Irrigators Managing Increased Supply Risk? Some Australian Experiences". *Water International*, 31(2): 221-232.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2005a). "Spot water markets and risk in water supply". *Agricultural Economics*, 33(2): 131-143.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2005b). "Modelling water markets under uncertain water supply". *European Review of Agricultural Economics*, 32 (2): 119-142.
- Calatrava, J. y Garrido, A. (2006). "Difficulties in adopting formal water trading rules within user's associations". *Journal of Economic Issues*, XL (1): 27-44.
- Dudley, N.J. y Musgrave, W.F. (1988). "Capacity sharing of water reservoirs". *Water Resources Research*, 24(5): 649-658.
- Easter, K.W., Rosegrant, M.W. y Dinar, A. (Eds.) (1998). *"Markets for water: potential and performance"*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fereres, E. y Goldhamer, D.A. (2003). "Suitability of stem diameter variations and water potential as indicators for irrigation scheduling of almond trees". *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 72(2):139-144.
- García Molina, J. (2009). "Plan de gestión de la sequía. Una perspectiva histórica: El tribunal de las aguas de Valencia". Mimeo.
- Garrido, A. (2007a). "Water markets design and evidence from experimental economics". *Environmental and Resource Economics*, 38(2): 311-330.
- Garrido, A. (2007b). "Designing water markets for unstable climatic conditions: learning from experimental economics". *Review of Agricultural Economics*, 29(3): 520-530.
- Garrido, A. y Gómez-Ramos, A. (2008). "Risk Sharing Mechanisms supporting planning and policy". En Iglesias, A., Cancelliere, A., Cubillo, F., Garrote L. y Wilhite D. (Eds): *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*. Springer. EEUU: 133-152.

- Gómez, C.M. (2009). "La eficiencia en la asignación del agua: principios básicos y hechos estilizados en España". *Información Comercial Española*, 847: 23-39.
- Gómez-Ramos, A. (2008). "Gestión de la escasez, incertidumbre y mercados de opción en España". Ponencia presentada en el Thematic Week Seven: *Economics and Financing-The Role of Market Instruments in Integrated Water Management*. *Tribuna del agua*. Expo Agua 2008. Zaragoza
- Gómez-Ramos, A. y Garrido, A. (2004). "Formal risk-sharing mechanisms to allocate uncertain water resources: the case of option contracts". *Water Resources Research*, 40 (12):1-11.
- Howitt, R.E. (1998). "Spot prices, option prices, and water markets: an analysis of emerging markets in California". En Easter, K.W., Rosegrant, M. y Dinar, A. (Eds.), *Markets for Water: Potential and performance*. Kluwer Academic Publishers, Nueva York.
- Iglesias, A., Cancelliere, A., Cubillo, F., Garrote, L. y Wilhite, D. (Eds.).(2008). *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*. Springer. EEUU.
- Iglesias, E., Garrido, A. y Gómez-Ramos, A. (2007). "Evaluations drought management index to evaluate water institutions' performance under uncertainty". *The Australian Journal of Agricultural and Resources Economics*, 51(1): 17-38.
- Iglesias, E., Garrido, A. y Gómez-Ramos, A. (2003). "Evaluation of drought management in irrigated area". *Agricultural Economics*, 29(2): 211-229.
- Leiva A.J. y Skees J.J. (2005). "Managing irrigation risk with inflow-based derivatives: the case of Río Mayo irrigation district in Sonora, Mexico". Comunicación presentada en el *AAEA Annual Meetings*, Providence, Rhode Island, July 24-28.
- Luo, B., Huang, G.H., Zou, Y. y Yin, Y. (2007). "Towards quantifying the effectiveness of water trading under uncertainty". *Journal of Environmental Management*, 83: 181-190.

- Michelsen, A.M. y Young, R.A. (1993). "Optioning Agricultural Water Rights for Urban Water Supplies During Drought". *American Journal of Agricultural Economics*, 75(5):1010-1020.
- Varela Ortega, C. y Hernández-Mora, N. (2009) "Institutions and institutional reform in the Spanish water sector: a historical perspective". En Garrido, A. y Llamas, M.R. (Eds): *Water policy in Spain*. Francis & Taylor, en preparación.
- Young, M. (2009). "The effects of water markets, water institutions and prices on the adoption of irrigation technology". En Albiac, J. y Dinar, A. (Eds): *The management of water quality irrigation technologies*. Earthscan, Londres.



# IV. Regadío y política agraria

## La economía del agua de riego en España

- 345 Efectos de la Reforma Intermedia de la PAC sobre las decisiones de los regantes. Un caso práctico en una moderna zona regable andaluza
- 365 Efecto de la política agraria sobre la política del agua
- 383 El regadío y la política de desarrollo rural



# Efectos de la Reforma Intermedia de la PAC sobre las decisiones de los regantes. Un caso práctico de una moderna zona regable andaluza

*Ignacio Jesús Lorite y Manuel Arriaza*

## 1. Introducción

Todos los análisis globales sobre la situación de los recursos hídricos indican que es probable que la disponibilidad de agua para riego se reduzca de forma significativa en el futuro, debido al incremento de las demandas provenientes de otros sectores tales como los turísticos, recreativos, medioambientales y urbanos. Frente a una gestión de los recursos hídricos orientada hacia la maximización de los beneficios, en los últimos años ha surgido una creciente preocupación por la conservación y el uso sostenible de los mismos. Así, la investigación sobre la gestión del agua de riego debe enfocarse hacia su sostenibilidad con el doble objeto de: (a) fomentar el ahorro de los recursos hídricos y (b) buscar la optimización de la asignación para mejorar la eficiencia del uso del agua de riego.

La gestión tradicional del riego en algunos cultivos está experimentando grandes cambios en las comunidades de regantes de España. Así, para cultivos tradicionales de regadío como el algodón y la remolacha se ha recomendado la aplicación de cantidades muy significativas de riego (Lorite *et al.*, 2004a,b), priorizando su riego frente a otros cultivos como los cereales o los frutales (Lorite *et al.*, 2007). Esta tradicional gestión del riego se ha basado en tratar de maximizar los recursos hídricos disponibles empleando la productividad del agua de riego como una de las variables principales a considerar (Lorite *et al.*, 2007). Sin embargo, en los últimos años se han apreciado cambios muy significativos en las zonas regables españolas en relación a la distribución de cultivos y al manejo del

riego llevado a cabo en algunos de ellos, que obligan a considerar nuevos factores a la hora de la planificación de los recursos hídricos. Así, la nueva Política Agraria Común (PAC) y las restricciones en el suministro se erigen como algunos de los factores que han contribuido decisivamente a estos cambios.

En este sentido, el reajuste de la actividad agraria en el periodo 2009-2012 derivado del Chequeo Médico de la PAC (MARM, 2009) tendrá probablemente efectos importantes en los regadíos españoles, especialmente en aquellas zonas de menores rendimientos. En efecto, en estas zonas el desacoplamiento de las ayudas, debido a que los ingresos por la venta del producto en muchos casos no cubren los gastos variables de su producción, conducirá a la reducción del uso de insumos en general (Elfkah y Sánchez-Choliz, 2005) y del agua de riego en particular (Gallego y Gómez-Limón, 2008), tal y como ya ocurrió con la Reforma de la PAC de 2003 (Iglesias y Blanco, 2004).

En zonas con mayores rendimientos, como la que nos ocupa del Valle del Guadalquivir, el desacoplamiento tiene un efecto diferente según el tipo de cultivo. En el caso del algodón y la remolacha, cultivos para los cuales el desacoplamiento ha supuesto la eliminación del apoyo vía precios, se observa el efecto anterior, es decir, la reducción del consumo de agua y de agroquímicos (Serra *et al.*, 2005; Arriaza, 2008). Frente a esto, en otros cultivos, como por ejemplo los cereales de invierno y el maíz, estas reducciones no se han producido. De esta forma, el efecto agregado de consumo hídrico en la comunidad de regantes no disminuye (Lorite y Arriaza, 2008), como sí ocurre en las zonas de la Meseta (Gallego y Gómez-Limón, 2008).

Desde la perspectiva del análisis de la gestión de los recursos hídricos a nivel de parcela y zona regable, el presente estudio utiliza una serie de índices definidos para caracterizar el funcionamiento del sistema de riego (Molden y Gates, 1990; Kalu *et al.*, 1995; Malano y Burton, 2000), con el objetivo de evaluar prácticas de riego en una zona y para mejorar la eficiencia en la aplicación del riego y la productividad del agua. Dentro de los índices de calidad de la gestión del riego se han definido diferentes tipos (Bos, 1997) relacionados con el balance de agua, con aspectos económicos, ambientales, sociales o de mantenimiento del sistema. Estos indicadores han sido aplicados para evaluar la evolución de una zona regable a lo largo del tiempo (Sarma y Rao, 1997; Droogers *et al.*, 2000; Droogers y Kite, 1999), para comparar el funcionamiento de distintas zonas regables (Burt y Styles, 1999), para determinar la optimización de los recursos (Molden y Gates, 1990) y para encontrar una solución de compromiso entre la equidad y la eficiencia en el reparto del agua dentro de una zona regable (Kalu *et al.*, 1995).

En este capítulo se combina el análisis descriptivo de la evolución de las superficies de los cultivos de una zona regable representativa del moderno regadío andaluz con el empleo de indicadores de gestión que caracterizan el comportamiento de los agricultores frente a limitaciones en el suministro o a la política agraria comunitaria. Así, este último factor se ha comprobado como unos de los más determinantes en los últimos años en relación a la gestión y manejo de los cultivos en las zonas regables andaluzas.

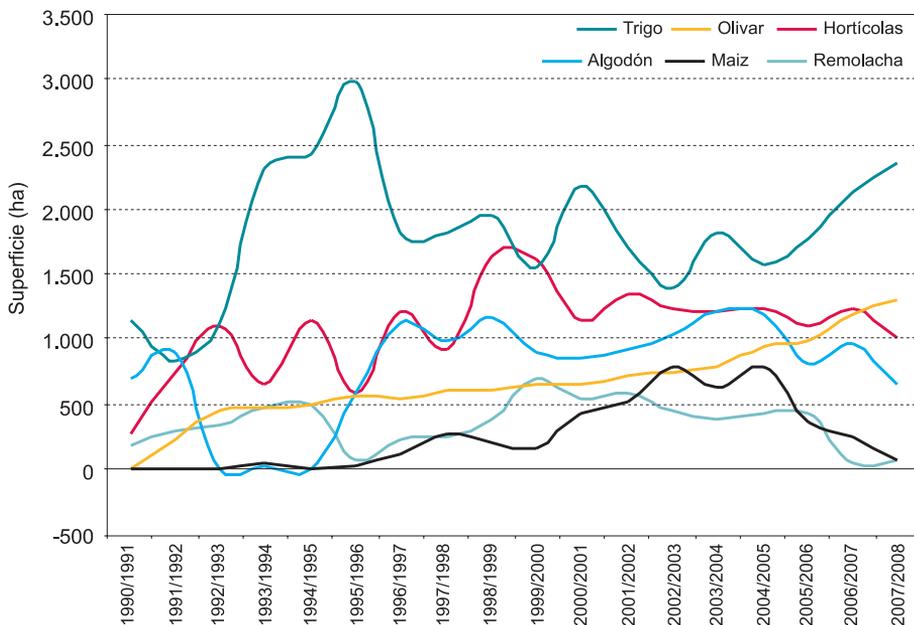
## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Descripción del área de estudio**

El área de estudio es la Comunidad de Regantes del Genil-Cabra (CRGC), localizada en la provincia de Córdoba. Con un clima típicamente mediterráneo, la zona presenta una precipitación media anual de 600 mm y un verano seco, y con una evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) de 1.300 mm.

La CRGC comenzó operando en la campaña 1990/91 con una superficie de 2.663 ha en riego que fueron incrementadas hasta las 6.900 ha en 1993/94 (García-Vila *et al.*, 2008). La comunidad dispone de un moderno sistema a presión que suministra el riego a demanda del productor. El sistema de riego ha evolucionado en estos años. Hasta la sequía de 1995/96, la práctica totalidad de la comunidad tenía riego por aspersión movido manualmente. Desde entonces este sistema ha ido sustituyéndose por el riego por aspersión permanente y el riego por goteo. En estos últimos años, los cereales de invierno, el algodón, el olivar y el maíz han sido los cultivos más frecuentes, ocupando por encima del 65% de la superficie. Otros cultivos importantes han sido el girasol, el ajo, la remolacha, las habas, los pimientos y otros hortícolas (ver Gráfico 1).

**Gráfico 1. Superficie cultivada de los principales grupos de cultivos en CRGC desde el inicio de la Comunidad hasta la actualidad**



Fuente: Elaboración propia.

La dotación habitual sin restricciones se acerca a los 5.000 m<sup>3</sup>/ha a pie de parcela. En el periodo analizado (1990/91-2007/08), tres campañas sufrieron severas restricciones, 1992/93, 1993/94 y 1994/95, con dotaciones de 108, 749 y 0 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente. Sin embargo, desde entonces y hasta 2004/05 no ha habido restricciones en la zona, incluso durante los dos años muy secos de 1998/99 y 2004/05 con 150 y 223 mm de precipitaciones, respectivamente.

En las tres últimas campañas analizadas (2005/06, 2006/07 y 2007/08) y debido a la importante escasez de recursos hídricos, se han aplicado restricciones en el suministro de agua que han hecho que las dotaciones disponibles para riego sean inferiores al 50% de las dotaciones medias sin restricciones en el suministro.

## 2.2. Obtención de datos

La obtención de datos se ha realizado a lo largo de 18 campañas (1990/91-2007/08). La comunidad de regantes proporcionó la distribución de cultivos y a través de las estaciones meteorológicas de la zona se registraron diariamente los datos meteorológicos necesarios para calcular la evapotranspiración de referencia de Penman-Monteith (ET<sub>o</sub>), así como la precipitación. El sistema de aplicación de riego fue determinado por medio de numerosas visitas a cada parcela de las que componen la comunidad durante el periodo de estudio. Información acerca de las prácticas de cultivo y fechas de siembra y cosecha fueron suministradas por la gerencia de la comunidad de regantes y los propios regantes en estudios previos (Lorite *et al.*, 2004b). Las curvas de eficiencia y los parámetros técnicos de los cultivos, tales como la profundidad radicular máxima, fueron determinados a partir de Allen *et al.* (1998), ajustándose a las condiciones locales según la opinión del gerente de la comunidad y de varios expertos en la zona.

El consumo acumulado de cada parcela se obtuvo tres o cuatro veces en cada campaña de riego. Para determinar los requerimientos de riego de cada parcela se ha utilizado un modelo de simulación basado en Allen *et al.*, (1998). Una descripción detallada del modelo puede encontrarse en Lorite *et al.*, (2004a y 2004b).

## 2.3. Indicadores de eficiencia

Malano y Burton (2000) definieron un conjunto de indicadores para la evaluación comparativa del riego y el drenaje en distintas zonas regables. Incluidos en esta serie de índices, se encuentra el aporte relativo anual de riego (ARAR). Para analizar la evolución de la gestión del agua en la CRGC se ha procedido a calcular el ARAR durante el periodo considerado como un indicador de eficiencia del riego. Su formulación matemática es:

$$ARAR (\text{€/m}^3) = \frac{\text{Valor del incremento de la producción debida al agua de riego}}{\text{Volumen anual de agua de riego óptimo demandado por los cultivos}} \quad [1]$$

El volumen anual de agua utilizada para el riego se determinó por medio de contadores instalados en cada una de las parcelas que componen la zona regable, e incluye únicamente el agua aplicada por el agricultor, excluyendo las precipitaciones. Para la determinación del volumen anual de agua óptimo demandado por los cultivos se empleó un modelo de simulación (LORMOD, Lorite *et al.*, 2004a), que realizó una programación de riegos que evitara déficit para el cultivo en cualquier momento del ciclo. Este modelo considera todos los factores que afectan a las demandas de los cultivos, considerando el clima (evapotranspiración de los cultivos y lluvia), el cultivo (fases de crecimiento), el suelo y las prácticas de manejo (sistema de riego, ciclo de cultivo, duración del riego, etc.).

Junto a *ARAR*, se estimó otro indicador para determinar la Productividad del Agua de Riego (*PAR*). Bos (1997) definió un índice similar al empleado en este trabajo como Cosecha *versus* Agua aplicada y analizó la productividad en términos de agua distribuida al cultivo. Así el indicador *PAR* se calcula como:

$$PAR (\text{€/m}^3) = \frac{\text{Valor del incremento de la producción debida al agua de riego}}{\text{Volumen anual de agua utilizada para el riego}} \quad [2]$$

El incremento de valor de la producción debido al riego se calculó como la diferencia entre el rendimiento del cultivo en riego menos el rendimiento del mismo cultivo en secano a precios de mercado. Los valores de rendimiento fueron obtenidos por medio del modelo LORMOD. Este indicador de eficiencia se estimó tanto para precios corrientes como para precios constantes. Además se han calculado los valores de *PAR* expresados en kilogramos por m<sup>3</sup> de riego aplicado. Lorite *et al.*, (2004a y 2004b) y Lorite *et al.*, (2007) han usado ambos indicadores en esta misma comunidad de regantes.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Evolución de las superficies, gastos e ingresos

Durante el periodo analizado se han producido importantes variaciones en la distribución de cultivos de la CRGC. Así, tradicionalmente la variación de la superficie cultivada de cereales de invierno ha sido afectada en gran medida por las condiciones climáticas, mientras que la superficie cultivada con algodón y maíz ha estado condicionada por la disponibilidad de agua, llegando a ser nula en años de sequía severa (1992-1995). Sin embargo, en los últimos años se ha observado una caída muy significativa en las superficies de algodón y remolacha que podrían deberse (junto a las citadas anteriormente) a la puesta en marcha de la nueva Política Agraria Comunitaria, y en el caso de la remolacha, a la desmantelación casi total de la industria azucarera en Andalucía.

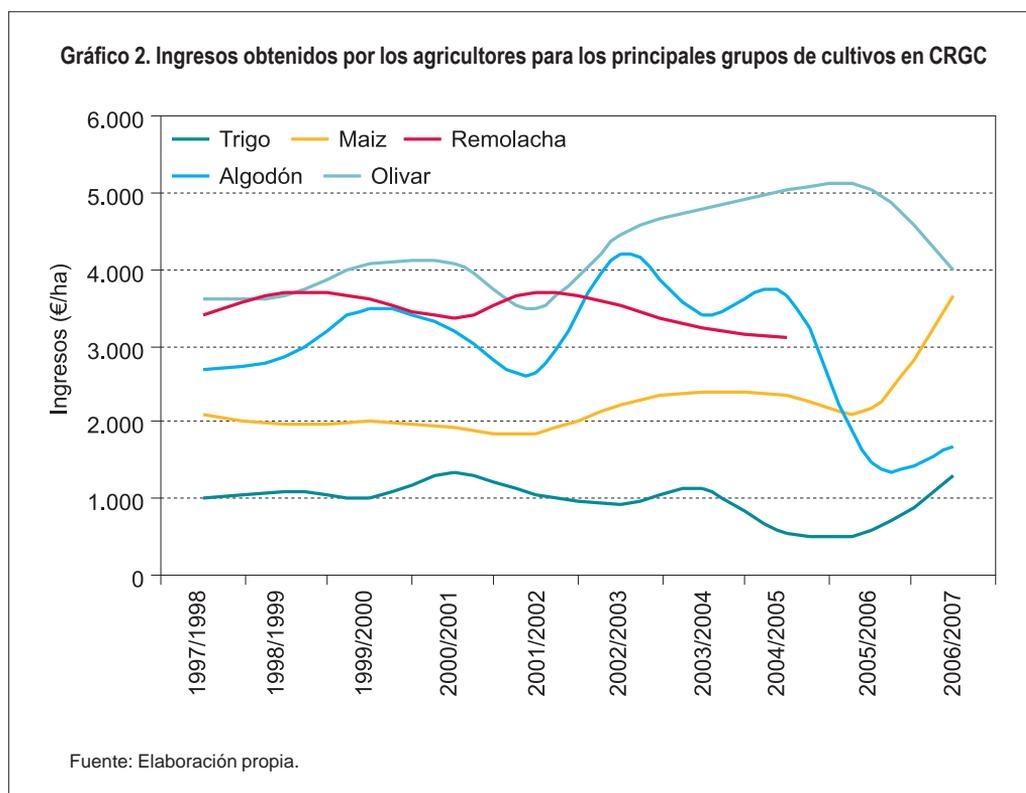
Como muestra el Gráfico 1, la superficie de algodón se ha reducido aproximadamente en un 50%, desde un máximo de 1.217 ha en la campaña 2003/04 hasta 637 ha en la campaña 2007/08. Sin embargo, en el caso de la remolacha, la reducción de superficie ha sido más importante, pasando en la CRGC de 680 ha en 1999/2000 hasta su práctica desaparición en 2006/07 y 2007/08 con superficies inferiores a las 60 ha en ambos años. Los dos únicos cultivos que muestran un crecimiento constante en los últimos años son el trigo y el olivar. En el primer caso, en los últimos ocho años se ha incrementado su superficie en un 37%, mientras que en el segundo el incremento ha sido más espectacular, situándose la superficie de olivar un 77% por encima de la existente en la campaña 2001/02.

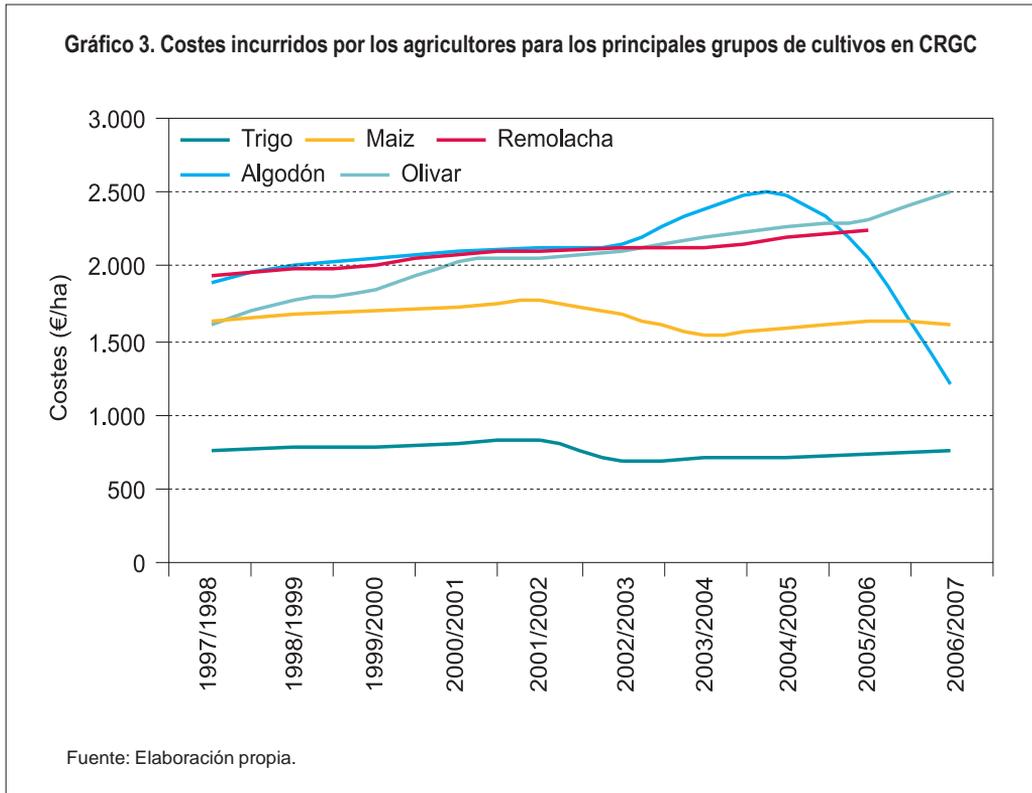
En paralelo al análisis realizado con las superficies, se ha analizado la evolución de los costes e ingresos por cultivos según información facilitada por la gerencia de la zona regable. La tendencia de ingresos ha sido bastante estable hasta la campaña 2004/05 (Gráfico 2). Sin embargo, en los últimos años han aparecido importantes cambios que han afectado al cultivo del algodón y a los cereales. Así, mientras los ingresos en los cereales se han incrementado significativamente (incrementos cercanos al 70% en el caso del maíz y superiores en el caso del trigo), en el caso del algodón se ha producido una brusca caída de los ingresos del 53% a partir de la campaña de riegos 2005/06.

Como consecuencia de este comportamiento en los ingresos, los costes de cultivo del algodón se han adaptado a la disminución en los ingresos (Gráfico 3), pasando de 2.472 €/ha durante la campaña 2004/05 a 1.200 €/ha un año más tarde. Esta significativa reducción de costes se debió principalmente a la disminución en la aplicación de produc-

tos fitosanitarios, fertilizantes y riego, y es más relevante aún si se tiene en cuenta que los precios de fertilizantes y combustible se han incrementado de forma muy significativa durante el periodo analizado.

En relación a otros factores de producción, como los sistemas de riego, cabe indicar la casi total ausencia de cambios en los últimos años, especialmente en algunos cultivos como el algodón y la remolacha. Así, los sistemas de goteo se implantaron en la zona regable tras la sequía de los años 1992-1995, permaneciendo con los mismos sistemas de riego hasta la actualidad. Igualmente han sido muy limitados los cambios en los ciclos de los cultivos, permitiendo descartar éstos como causa de las tendencias observadas en los gráficos 2 y 3.





### 3.2. Efectos de la PAC en la gestión del agua de riego

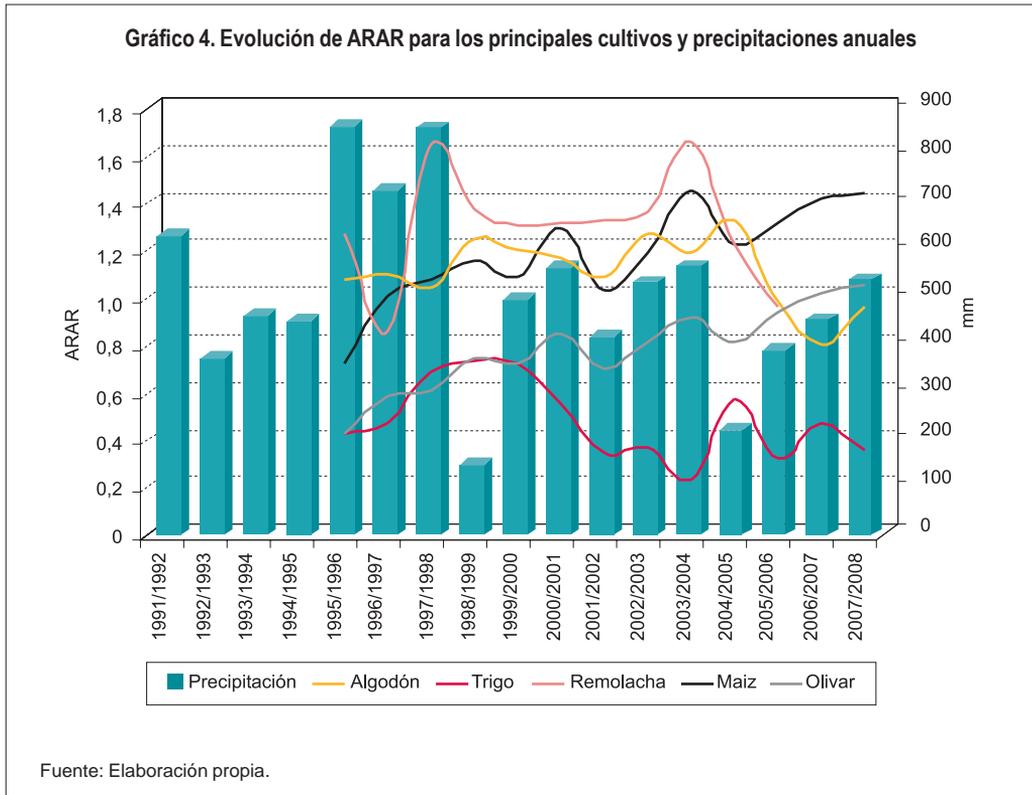
Como consecuencia del desacoplamiento de las ayudas en la Reforma Intermedia de la PAC se ha producido una reducción del uso de insumos en las prácticas agrícolas (Schmid y Sinabell, 2007; Serra *et al.*, 2005). En los gráficos 2 y 3 se observa cómo ésta queda patente en algunos cultivos como el algodón en la zona regable del Genil-Cabra. A continuación se analiza la gestión del riego por medio del volumen de agua aplicado por los regantes de la CRGC, el cual es empleado como ejemplo del cambio en el comportamiento del agricultor tras la aplicación de este instrumento de política agraria y las restricciones en el suministro.

En el Gráfico 4 se muestran los valores de ARAR para los principales cultivos de la zona. En él se pueden diferenciar dos grupos, el primero compuesto por el maíz, el olivar, el ajo y el trigo, los cuales no han sido afectados por la Reforma Intermedia de la PAC

(aunque en el caso del ajo sólo podía serlo de forma indirecta), y un segundo, formado por la remolacha y el algodón, en el que ocurre lo contrario. Durante las campañas de riego de 1992/93 y 1994/95 se realizaron únicamente riegos de emergencia a algunos cultivos leñosos con una dotación muy limitada, por lo que los valores de ARAR fueron iguales a cero.

La evolución de los valores de este indicador sugiere que los agricultores varían su comportamiento en la gestión del riego dependiendo de la disponibilidad de agua y condiciones climáticas, así como por otros factores (García-Vila *et al.*, 2008):

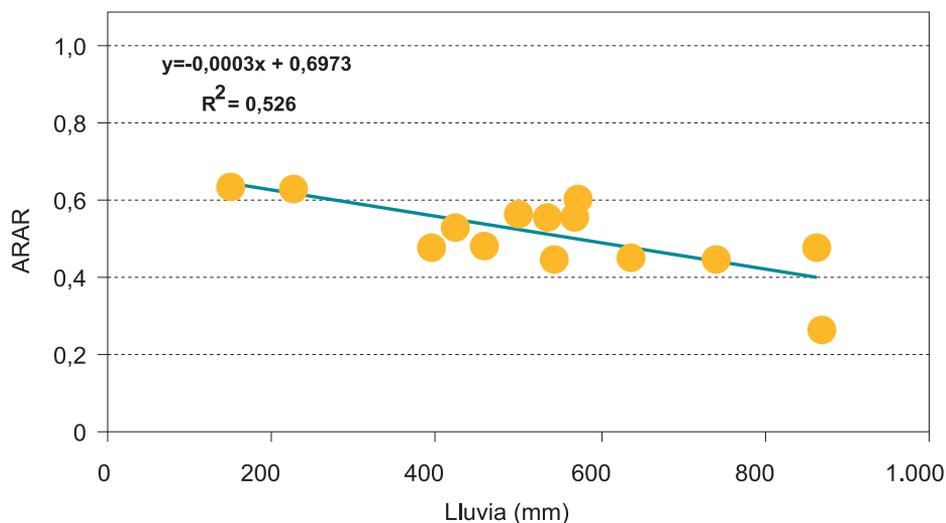
- En general el riego es deficitario en la zona, con valores de ARAR claramente inferiores a la unidad. Este comportamiento se debe a la limitada tradición de riego en la zona regable y a la escasez de recursos hídricos en varios años (como en la campaña 2004/05 y siguientes). A pesar de esto, en algunos cultivos y años el valor de ARAR fue superior a la unidad (como la remolacha en los años 1997/98 y 2003/04; Gráfico 4) al aplicar los agricultores un volumen de riego superior a las necesidades óptimas, estimadas por el modelo de simulación. En estos casos los agricultores no siguen las recomendaciones realizadas por los servicios de asesoramiento y se produce un sobrerriego en sus cultivos.
- En años lluviosos, el agricultor sobreestima el aporte de la lluvia y no sigue fielmente el calendario de riego recomendado por la CRGC. Esto puede provocar ciertas carencias en el desarrollo de la planta. Esta tendencia se comprueba al relacionar los valores medios de ARAR con la precipitación, observándose una relación lineal que reduce el ARAR al incrementarse la precipitación (Gráfico 5).
- En años secos, el agricultor trata de compensar la escasez de este recurso incrementando el riego aplicado y siguiendo estrictamente el calendario de riego. Esto se traduce en un volumen de agua aplicada al cultivo en forma de riego más próximo al volumen óptimo de riego (aquel que teóricamente haría alcanzar el máximo técnico de producción) que el alcanzado en años lluviosos. De esta forma, paradójicamente, los resultados mejores a nivel de zona regable se obtienen en años secos (Gráfico 5).



En las tres últimas campañas analizadas con el indicador *ARAR* (2005/06, 2006/07 y 2007/08), y a pesar de la baja disponibilidad de agua, se puede apreciar cómo los valores de *ARAR* se incrementan en el caso del maíz y el olivar. Por el contrario, en el caso del algodón y la remolacha estos valores de *ARAR* sufren una importante caída, debido a la disminución en insumos que este cultivo ha sufrido (ver Gráfico 3) causada en gran medida por la reforma de su reglamento de ayudas y la consiguiente caída de ingresos (Arriaza y Gómez-Limón, 2007), y a las limitaciones en el suministro de agua. El valor de *ARAR* para la remolacha durante los dos últimos años no ha podido ser calculado debido al escaso número de explotaciones con este cultivo en la zona.

En el pasado, tanto el algodón como la remolacha presentaban valores de *ARAR* muy similares (entre 0,8 y 1,0), casi independientemente del año pluviométrico o de la dotación de agua suministrada por la CRGC, ya que, en años con escasez, el agua de los cereales de invierno y del girasol se transfería a estos cultivos. Sin embargo, en los

Gráfico 5. Correlación entre el valor medio del indicador ARAR en la Zona Regable del Genil - Cabra y la lluvia



Fuente: Elaboración propia.

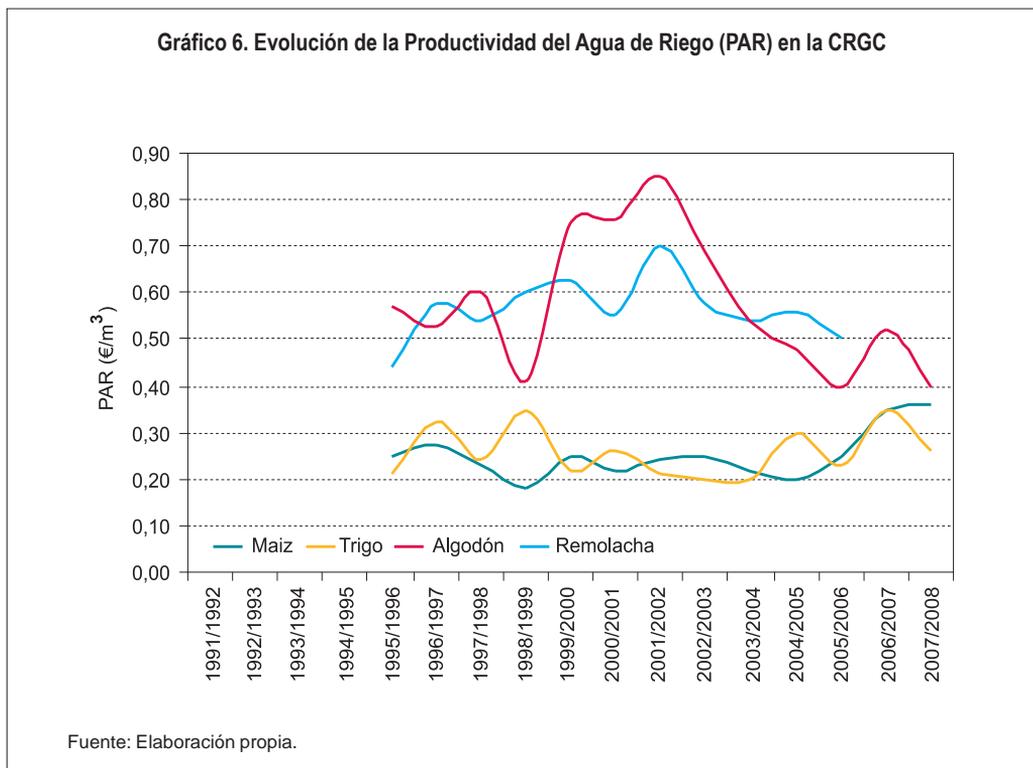
últimos años este comportamiento ha variado de forma muy significativa. En efecto, mientras por ejemplo el maíz ha mantenido un ARAR de 0,92 en 2005/06 y de 1,00 en 2006/07, en el caso del algodón estos valores han bajado a 0,64 y 0,51 respectivamente, y en el caso de la remolacha a 0,64 en 2005/06.

Tal y como se comprobó anteriormente, la reducción en los ingresos percibidos por los agricultores ha originado una disminución de los insumos en algunos cultivos. Esta disminución de insumos se ha apreciado especialmente en el cultivo del algodón (Gráfico 3), en el cual estrategias de riego deficitario han demostrado resultados muy satisfactorios. Así, en este cultivo la aplicación de dotaciones de riego por debajo de las óptimas no significaron caídas significativas en el rendimiento, mejorando la productividad del agua (Carmona *et al.*, 2007). La constatación por parte de los agricultores de los buenos resultados del riego deficitario en algodón, junto con la necesidad de reducir los insumos, ha hecho especialmente relevante el cambio de comportamiento en la zona para este cultivo. Sin embargo, en otros cultivos como el maíz la aplicación de estrategias de riego deficitario no ha significado una mejora en la productividad del agua (Farre y Faci, 2006), por lo que en la zona no se llevan a cabo técnicas de riego deficitario en estos cultivos (Gráfico 4).

### 3.3. Efectos del desacoplamiento de las ayudas en la productividad media del agua de riego

En el estudio de la productividad media del agua de riego tradicionalmente se han considerado dos grupos de cultivos: aquéllos con una baja productividad (cereales y girasol), frente a los que presentan valores de productividad altos (algodón, ajo, remolacha y olivar) (Lorite *et al.*, 2004a y 2004b).

Como puede apreciarse en el Gráfico 6, las diferencias de productividad en ambos grupos han sido claras hasta la campaña 2005/06, a partir de la cual los valores del grupo de baja productividad se han ido incrementando hasta alcanzar unos niveles similares al grupo de alta productividad. Así, por ejemplo, el maíz y los cereales de invierno han subido su productividad media hasta 0,35 €/m<sup>3</sup> y el girasol hasta 0,41 €/m<sup>3</sup>, frente al algodón y la remolacha, en las que ha bajado hasta 0,52 €/m<sup>3</sup> y 0,55 €/m<sup>3</sup>, respectivamente. Sin embargo, durante el periodo 2000-2006, la productividad de estos últimos triplicaba la correspondiente a los cultivos de baja productividad.



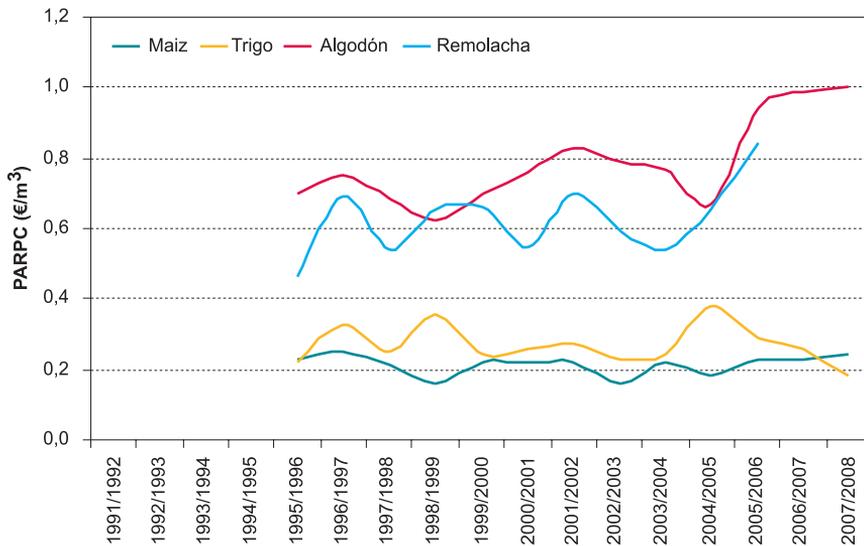
Con el objeto de analizar la evolución de la productividad del agua de riego descontando el efecto del incremento de los precios se ha estimado dicha productividad a precios constantes, como aparece en el Gráfico 7. El análisis del *PAR* a precios constantes muestra claramente el comportamiento diferente del algodón y la remolacha frente al resto de cultivos. Así, mientras para estos dos cultivos la productividad ha experimentado un crecimiento constante, los cereales de invierno, el girasol y el maíz mantienen su productividad en el periodo analizado.

Así, en el caso del algodón, y como consecuencia de la disminución del agua de riego aplicada al cultivo, su productividad se ha incrementado desde los 0,73 €/m<sup>3</sup> como promedio en el periodo 1995/96 - 2004/05 hasta los 0,97 €/m<sup>3</sup> en los tres últimos años de la serie, lo cual implica un incremento de productividad del agua para este cultivo de aproximadamente un tercio. Desde el punto de vista del manejo del riego, este incremento se debe a la aplicación de riegos deficitarios, los cuales reducen las pérdidas por percolación profunda y escorrentía.

En el caso de la remolacha, siguiendo la misma comparativa, los resultados son aún más claros: su productividad ha pasado de 0,60 (en el periodo 1995/96 - 2004/05) a 0,85 €/m<sup>3</sup> (2005/06), lo cual supone un incremento en este indicador por encima del 40%.

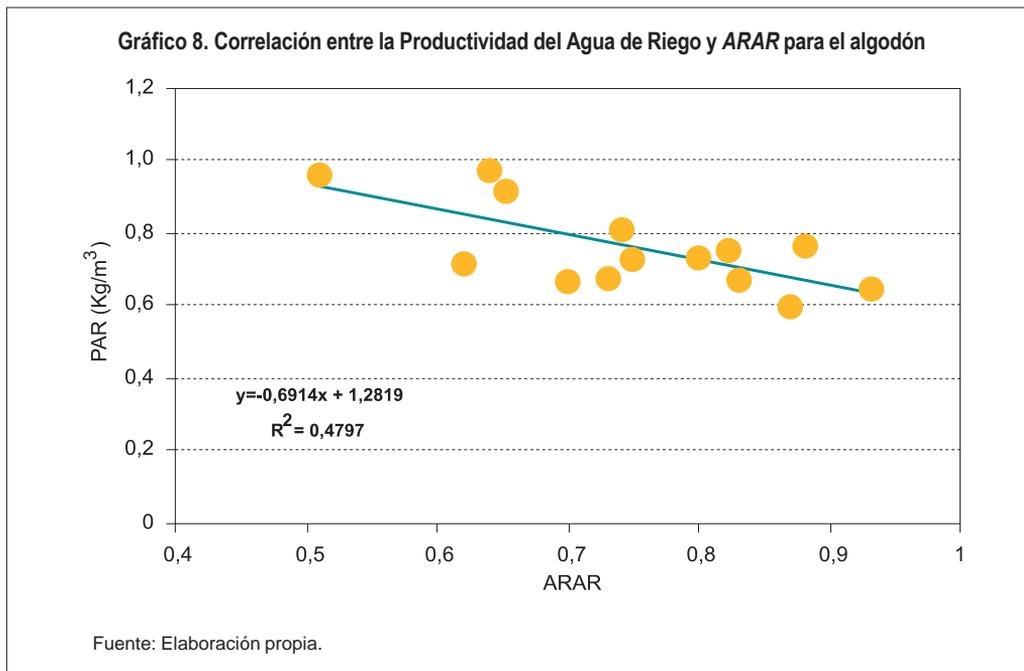
Finalmente, se analizó la posible correlación entre la productividad del agua de riego y el indicador *ARAR* (Gráfico 8). Para su cálculo se emplearon los valores medios de ambos índices para el cultivo del algodón en cada uno de los años analizados en este trabajo (1990/91 - 2007/08). Se comprobó como existe una tendencia lineal a incrementarse la productividad cuando el valor de *ARAR* se reduce, lo que pone de relieve la importancia de estrategias de riego deficitario (*ARAR* inferior a la unidad) para incrementar la productividad del agua de riego, especialmente útiles para el cultivo del algodón.

Gráfico 7. Productividad del Agua de Riego a precios constantes (PAR PC) utilizando la campaña 2000/01 como año base



Fuente: Elaboración propia.

Como resumen de los resultados tenemos: (1) Con respecto al indicador *ARAR*, la Reforma Intermedia de la PAC ha producido un acercamiento de los valores para el algodón y la remolacha con respecto al resto de cultivos. Así, el algodón y la remolacha han bajado sus respectivos *ARAR* de aproximadamente 1 hasta 0,5, valores similares a los que presentan el maíz, el girasol y los cereales de invierno (entre 0,30 y 0,40); (2) En el caso del indicador *PAR*, si comparamos el periodo 1995/96 - 2004/05 con el periodo 2005/06 - 2006/07, el algodón y la remolacha han incrementado su productividad del agua de riego en un 33% y un 40%, respectivamente, frente a un comportamiento estable del resto de cultivos.



## 4. Conclusiones

El desacoplamiento de las ayudas resultado de la Reforma Intermedia de la PAC, junto a la disminución en la disponibilidad de agua ha tenido una influencia importante en el uso de insumos en general y en el manejo del agua de riego en particular. Este impacto es especialmente claro en los casos del algodón y de la remolacha, cuyas menores aplicaciones de insumos se han traducido en incrementos en los rendimientos cercanos al 40%. Este menor uso de insumos supone a su vez el cambio en los sistemas de producción tradicionales hacia sistemas con menor impacto medioambiental y, por tanto, con mayores garantías de sostenibilidad.

El análisis de la gestión del regadío de la comunidad de regantes del Genil-Cabra a través de dos indicadores, el Aporte Relativo Anual de Riego (ARAR) y la Productividad del Agua de Riego (PAR) ha permitido estimar el impacto de la reforma de la PAC analizada y la disminución de los recursos hídricos disponibles sobre el uso de este insumo.

La zona regable del Genil-Cabra es un ejemplo representativo de las nuevas zonas regables que fueron puestas en marcha durante la década de los 90 en el Valle del Guadalquivir. Estos nuevos regadíos tienen en común un gran número de aspectos como son las orientaciones técnico-productivas (algodón, remolacha, hortalizas), los sistemas de riego (goteo y aspersión móvil) y las prácticas de manejo del cultivo y el riego. Por estas razones, las conclusiones obtenidas en esta zona regable son totalmente extrapolables a otras con similares características. Así, la introducción de técnicas de riego deficitario potenciadas por las nuevas políticas comunitarias tendrá efectos beneficiosos en cualquier zona regable siempre que estas técnicas se lleven a cabo de forma correcta (respetando periodos críticos para el cultivo).

En relación al comportamiento del cultivo de la remolacha en otras zonas pueden presentarse algunas divergencias. Así, en zonas regables situadas en el Bajo Guadalquivir la reducción de superficie no ha sido tan acusada debido al mantenimiento de las azucareras existentes en la zona.

Como resultado de este estudio, se extrae como conclusión los importantes beneficios de incentivar el riego deficitario en cultivos como el algodón. Así, en este cultivo la necesidad de reducir los insumos debida a las nuevas políticas comunitarias, puede ser suplida con técnicas de manejo del riego que no impliquen una reducción significativa en la producción, elevándose de manera muy notable la productividad del agua de riego, y asegurando la sostenibilidad de este tipo de explotaciones.

## **Agradecimientos**

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a los dos evaluadores anónimos cuyos comentarios y sugerencias han contribuido a la mejora de la versión inicial de este trabajo. Esta investigación ha sido parcialmente financiada por los proyectos INIA TRT06-0014 y RTA2008-00022.

## Referencias bibliográficas

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper nº 56. FAO, Rome.
- Arriaza, M. (2008). "Environmental and socioeconomic impact of the new cotton reform". Comunicación presentada al *XII Congreso de la Asociación Europea de Economistas Agrarios*. Gante, 26-29 de agosto.
- Arriaza, M. y Gómez-Limón, J.A. (2007). "Policy implications of the decoupling of the EU cotton subsidies". *Journal of International Agricultural Trade and Development*, 3(1): 87-103.
- Bos, M.G. (1997). "Performance indicators for irrigation and drainage". *Irrigation and Drainage Systems*, 11(2): 119-137.
- Burt, C.M. y Styles, S.W. (1999). *Modern water control and management practices in irrigation*. Impact on performance. Water Reports 19. FAO. Roma. Italia.
- Carmona, M.A., Mateos, L. y Fereres, E. (2007). Riego deficitario del algodón. En: Mateos, L. (Ed.), *Metodologías e instrumentos para la planificación y la gestión sostenible del riego en condiciones de escasez de agua*. Zona regable piloto Genil - Cabra, Colectividad Santaella. Proyecto MIP AIS. Córdoba
- Droogers, P. y Kite, G. (1999). "Water productivity from integrated basin modeling". *Irrigation and Drainage Systems*, 13: 275-290.
- Droogers, P., Kite, G. y Murray-Rust, H. (2000). "Use of simulation models to evaluate irrigation performance including water productivity, risk and system analyses". *Irrigation Science*, 19: 139-145
- Elfkhi, S. y Sánchez-Choliz, J. (2005). "Impacto socioeconómico y ambiental de la nueva PAC. Repercusiones sobre la agricultura de regadío en los Monegros (Aragón)". *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, 208: 11-39.

- Farre, I. y Faci, J.M. (2006). "Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment". *Agricultural Water Management*, 83: 135-143.
- Gallego, J. y Gómez-Limón, J.A. (2008). "Analysis of policy instruments for control of nitrate pollution in irrigated agriculture in Castilla y León, Spain". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(1): 24-40.
- García-Vila, M., Lorite I.J., Soriano, M.A. y Fereres, E. (2008). "Management trends and responses to water scarcity in an irrigation scheme of Southern Spain". *Agricultural Water Management*, 95(4): 458-468.
- Iglesias, E. y Blanco, M. (2004). "Impacto socioeconómico y ambiental de la reforma de la PAC en los regadíos españoles". Comunicación presentada al *V Congreso de la Asociación Española de Economistas Agrarios*. Santiago de Compostela, 15-17 de septiembre.
- Kalu, I.L., Paudyal, G.N. y Gupta, A.D. (1995). "Equity and efficiency issues in irrigation water distribution". *Agricultural Water Management*, 28: 335-348.
- Lorite, I.J. y Arriaza, M. (2008). Efectos de la Reforma Intermedia de la PAC sobre las decisiones de los regantes del Genil-Cabra (Córdoba). Comunicación presentada al *VII Simposio del agua en Andalucía*. Baeza, 28-30 de mayo.
- Lorite, I.J., Mateos, L. y Fereres, E. (2004a). "Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment II. Variability among crops and farmers". *Irrigation Science*, 23: 85-92.
- Lorite, I.J., Mateos, L. y Fereres, E. (2004b). "Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment I. Model and general assessment of an irrigation scheme". *Irrigation Science*, 23: 77-84.
- Lorite, I.J., Mateos, L., Orgaz, F. y Fereres, E. (2007). "Assessing deficit irrigation strategies at the level of an irrigation district". *Agricultural Water Management*, 91: 51-60.

- Malano, H. y Burton, M. (2000). *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector*. IPTRID Secretariat. FAO. Roma.
- MARM (2009). *Aplicación en España del "chequeo médico" de la PAC*. Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino. Madrid.
- Molden, D.J. y Gates, T.K. (1990). "Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery systems". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 116(6): 804-823.
- Sarma, P.B.S. y Rao, V.V., 1997. "Evaluation of an irrigation water management scheme - a case study". *Agricultural Water Management*, 32: 181-195.
- Schmid, E. y Sinabell, F. (2007). "On the choice of farm management practices after the reform of the Common Agricultural Policy in 2003". *Journal of Environmental Management*, 82(3): 332-340.
- Serra, T., Zilberman, D., Goodwin, B.K. y Hyvonen, K. (2005). "Replacement of agricultural price supports by area payments in the European Union and the effects on pesticide use". *American Journal of Agricultural Economics*, 87(4): 870-884.

# Efecto de la política agraria sobre la política del agua

*Carlos Gutiérrez y Carlos Mario Gómez*

## 1. Introducción

La agricultura española cuenta con importantes ventajas comparativas derivadas de la abundancia relativa de suelo, de la mayor capacidad empresarial y de su localización con respecto a grandes mercados. Sin embargo, el factor crítico para el aprovechamiento de dichas oportunidades se encuentra en la disponibilidad de agua para el regadío, circunstancia que determina la viabilidad y las posibilidades de expansión productiva en cada lugar del territorio. Por este motivo, es importante analizar las interacciones y la necesidad de coordinación entre las políticas de desarrollo agrario y de gestión de los recursos hídricos. Por una parte, el éxito de la política agraria depende de su capacidad para gestionar la creciente escasez del recurso hídrico pero, por otra, la política del agua requiere tener en cuenta las consecuencias que sobre la demanda de agua tendrán las perspectivas de evolución del sector agrario. El objetivo del presente capítulo consiste en aportar elementos que permitan abordar esta segunda dimensión.

La adecuada implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA) en España requiere contar con escenarios de base sobre la evolución futura de la demanda de agua en la agricultura. En un contexto de cambios fundamentales en la Política Agraria Común (PAC), a través de sus políticas de mercados y de estructuras agrarias, no resulta posible construir tales escenarios proyectando tendencias pasadas de evolución de la producción

y la tecnología agraria. Las modificaciones de la PAC alterarán de una manera importante los incentivos que subyacen a la demanda de agua, a través de menores apoyos públicos a la producción y hacia una mayor dependencia de los precios y oportunidades de un mercado cada vez menos restrictivo. Sin embargo, la evaluación del efecto de las reformas de la política agraria sobre la demanda de agua para el regadío exige resolver importantes problemas metodológicos. El primero de estos problemas deriva de la imposibilidad de utilizar modelos agregados para el conjunto de la economía española. La agricultura y su demanda de agua tienen un conjunto de características locales que no pueden ignorarse, y lo mismo puede decirse de la disponibilidad de recursos hídricos en cada una de las cuencas y subcuencas hidrográficas. El segundo problema se refiere a la ambigüedad respecto al signo de los efectos de los cambios en la política agraria sobre la demanda de agua; por una parte, el abandono de políticas productivistas y la mayor dependencia de los incentivos del mercado pueden reducir la demanda de agua en algunas regiones, pero, por otra, la eliminación de restricciones cuantitativas a la producción agraria, podrían explicar un aumento de la demanda en regiones con importantes ventajas comparativas inexploradas hasta el momento.

Por las razones mencionadas, la prospectiva sobre los usos del agua, una condición indispensable para la aplicación de la DMA, es todavía una tarea en curso. En este trabajo se ilustra una alternativa para analizar, a partir de un modelo de microsimulación a escala de comarca agraria, el efecto de varios escenarios plausibles de política agraria sobre la agricultura de regadío, y más concretamente sobre variables relativas a la demanda de agua, el margen neto obtenido por el agricultor y el empleo generado. En estos escenarios, se evalúa el efecto posible de medidas de aumento de precio del agua. Los resultados obtenidos se presentan agrupados para las cuencas del Ebro y del Guadalquivir.

Con el propósito antes expuesto, este capítulo se estructura como sigue. En el apartado siguiente se presentan los antecedentes y la metodología general utilizada para el estudio. En la tercera sección se presentan brevemente los casos de estudio. La cuarta sección presenta los principales resultados obtenidos sobre los efectos de los escenarios de la PAC. La quinta sección utiliza tales resultados para evaluar el efecto esperado de cambios en los precios del agua y, en la sexta y última sección se resumen las principales conclusiones.

## 2. Antecedentes y metodología

### 2.1. Antecedentes

El estudio de los modelos de microsimulación de las decisiones de los productores agrarios tiene ya una larga tradición en España, y son numerosos los aportes que se han producido tanto a la investigación como a la utilización de tales modelos como herramientas de prospectiva y evaluación de alternativas de política agraria e hidrológica. En esta línea se inscriben los trabajos pioneros de Romero y Rehman (1984), Romero *et al.*, (1987), Rehman y Romero (1993). Por su parte, García Alvarez-Coque y Rivera (1995) desarrollan un modelo para el diagnóstico económico y la simulación de las políticas agrarias (DESPA) y Júdez *et al.*, (2000) aplican la programación matemática positiva a varias explotaciones tipo para estimar los efectos de la Agenda 2000 de la PAC.

Muchos de los trabajos sobre el sector agrario se han dirigido hacia el regadío. Así encontramos trabajos como el de Varela-Ortega *et al.*, (1998), en el que se emplea un modelo dinámico que simula el comportamiento del agricultor y su respuesta frente a varios escenarios de políticas de precios. Gómez-Limón y Berbel (2000) emplean la programación por metas ponderadas para crear una función de utilidad multicriterio con la que estiman la demanda de agua de regadío en la producción de cultivos en tres colectivos de riego. Los resultados obtenidos se comparan con los que resultan de aplicar un enfoque más clásico en el que únicamente se maximizan los beneficios. Los autores de este trabajo concluyen que el incremento de precios del agua no es una herramienta satisfactoria para la reducción significativa del uso del agua. Gómez-Limón *et al.*, (2002), a través de un modelo de programación multicriterio, enfatizan la necesidad de coordinar las políticas agrarias y del agua para hallar el punto de encuentro entre objetivos socio-económicos y de protección ambiental. Elfkah y Chóliz (2005) emplean el método NISE, dentro del paradigma de la decisión multicriterio, para estudiar el efecto del desacoplamiento de las ayudas de la PAC tras la reforma de 2003 en la comarca de los Monegros (Aragón). En un contexto dinámico, López-Baldovín *et al.*, (2005) desarrollan un modelo multiperiodo que incorpora la evolución de las plantaciones de leñosos, elaborando curvas de demanda para distintos escenarios. Más recientemente, Iglesias y Blanco (2008), mediante un modelo de programación positiva, evalúan el impacto socio-económico de las políticas de tarificación del agua en la agricultura de regadío española.

El modelo utilizado en este trabajo también se basa en trabajos anteriores sobre la teoría multiatributo (MAUT) de Rausser y Yassour (1981) y Delforce y Hardaker (1985). Un artículo general sobre el estado de la cuestión podemos encontrarla en Dyer *et al.*, (1992) y una revisión de metodologías en MCDM y MAUT en Hayashi (1999).

## 2.2. Herramienta de análisis: EL MODERE

La herramienta de análisis empleada en este trabajo es el *Modelo de Decisión de los Regantes Españoles* (MODERE), elaborado por el Grupo de Análisis Económico del Ministerio de Medio Ambiente, y validado por un grupo de expertos de economía agraria. Este modelo se plantea como un desarrollo de los trabajos mencionados arriba sobre los que avanza en dos direcciones importantes. La primera dirección se refiere al avance teórico y de modelización y consiste, por una parte, en la fundamentación microeconómica del comportamiento de los regantes en una función de utilidad multiatributo, que no requiere preferencias lineales, y, por otra, en la consideración explícita de una frontera convexa de posibilidades de decisión. La segunda dimensión importante es de carácter práctico, y resulta del desarrollo del MODERE como una plataforma de apoyo a la toma de decisiones; con este objetivo el modelo se diseñó para ser utilizado sobre una base de datos construida específicamente con la información estadística relevante y que permite elaborar simulaciones para cada una de las comarcas agrarias o unidades de demanda consideradas. En ese sentido, el MODERE es el único modelo de simulación diseñado para obtener resultados con unidades territoriales pequeñas que permite agregar sin necesidad de hacer extrapolaciones y hacer comparaciones a nivel de unidades mayores tales como provincias, demarcaciones hidrográficas, etc. Para más detalles acerca de este modelo puede consultarse Gómez y Gutiérrez (2008).

El objetivo del MODERE consiste, en primer lugar, en aportar información para comprender los factores determinantes del uso del agua en el regadío español. En segundo lugar, el MODERE pretende aportar información sobre la prospectiva del uso del agua en el regadío, atendiendo a los cambios previstos en la política agraria, a la mayor liberalización comercial y a los efectos que resulten de los planes de expansión y modernización del regadío. En tercer lugar, el MODERE ha de servir como instrumento de evaluación de la efectividad técnica de las medidas que se propongan para la gestión del agua, así como de sus efectos en la producción y el empleo de la agricultura de regadío.

En ese sentido, el MODERE forma parte del conjunto de herramientas de análisis económico diseñadas para apoyar el proceso de elaboración de los planes integrales de gestión de las cuencas hidrográficas, y que permiten una evaluación de las distintas actuaciones que puedan contribuir a mejorar la calidad de las aguas, así como al análisis de los paquetes de medidas con criterios de coste-eficacia y la integración de estos elementos en el análisis coste-beneficio.

### 3. Casos de estudios

#### 3.1. Escenarios de política agraria

A continuación presentamos algunos resultados obtenidos de casos de estudio seleccionados sobre la interacción entre la política agraria y la política de gestión del agua. Las dos cuestiones generales que se pretenden resolver son las siguientes. En primer lugar, qué consecuencias se pueden derivar de la desvinculación progresiva de las ayudas de la PAC a la producción agraria sobre la demanda de agua de la agricultura española en cada región. En segundo lugar, cómo afectarán los escenarios considerados para resolver la pregunta anterior sobre la efectividad de las políticas de precios del agua. Estas dos cuestiones, cruciales para la política de gestión del agua como hemos visto arriba, no pueden resolverse a partir de principios teóricos; su respuesta depende de características locales y, en consecuencia, requieren de modelos empíricos que utilicen análisis económico y la mejor información estadística disponible.

Concretamente, la aplicación empírica a realizar consiste en la simulación del comportamiento de los regantes frente a varios escenarios de la PAC. El primero de estos escenarios se corresponde con la *Agenda 2000*, caracterizada fundamentalmente por las ayudas vinculadas a la superficie en la mayoría de los cultivos herbáceos.

El segundo escenario elegido es el resultante de la *reforma de la PAC de 2003*, en el que para España la desvinculación de las ayudas es en general del 75%, habiendo casos de desvinculación completa y otros en los que la desvinculación ha sido inferior. Todas las ayudas desvinculadas forman parte del pago único por explotación, que pasa a ser un ingreso fijo no dependiente de la distribución de cultivos. Por lo tanto, las ayudas desvinculadas no forman parte del análisis, al no influir sobre la elección de cultivos, pasando a ser una ayuda a la renta.

Por último, se considera un escenario hipotético de *desvinculación total de las ayudas* de la PAC, situación a la que se tiende en un futuro próximo. De hecho, la nueva reforma del "Chequeo Médico", actualmente en proceso de aplicación, recomienda la desvinculación total y la regionalización de las ayudas, pero da libertad a los Estados Miembros para variar estos porcentajes, de manera que podrían mantenerse constantes para España. En este caso se considera que ningún cultivo recibe ayudas vinculadas a la producción, por lo que hay libertad absoluta a la hora de elegir la distribución de cultivos, a excepción de aquellos que tengan un cupo asignado. El pago único de las ayudas desvinculadas sería un pago regionalizado, de manera que cada unidad de superficie de una misma comarca recibe el mismo pago único.

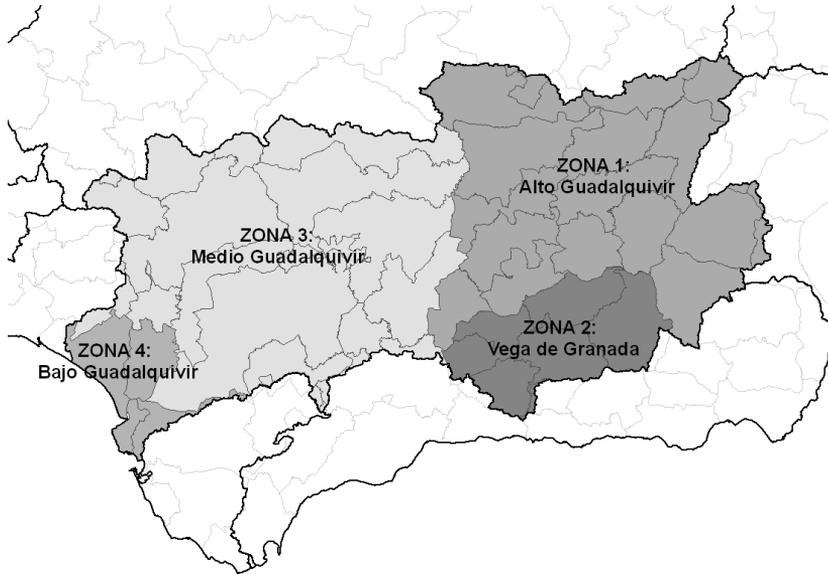
El resto de condiciones de partida, como la tecnología de riego, origen del agua o superficie máxima de regadío se han mantenido constantes, de forma que los resultados que se obtengan responden únicamente al efecto de la Reforma de la PAC.

### 3.2. Las cuencas hidrográficas analizadas

Para obtener la mayor representatividad de los resultados y capturar una mayor variedad de situaciones posibles, la **cuenca del Guadalquivir** se ha dividido en cuatro zonas respondiendo al tipo de agricultura que se puede encontrar en cada una de ellas. La primera de ellas sería el Alto Guadalquivir, con presencia dominante del olivar. La segunda, a la que hemos llamado *Vega de Granada*, está conformada por tierras dedicadas principalmente a la horticultura y a los frutales. La tercera zona correspondería al *Medio Guadalquivir*, con una mezcla de cultivos bastante amplia, abarcando tanto herbáceos de invierno como hortalizas, cultivos industriales y olivar. Por último, la zona cuatro correspondería al *Bajo Guadalquivir*, donde predominan arroz y fresas. El siguiente mapa muestra claramente la agrupación de comarcas según la zona. Todo el Guadalquivir hace un total de 751.786 ha, aunque datos más recientes apuntan a una superficie superior a las 800.000 ha.

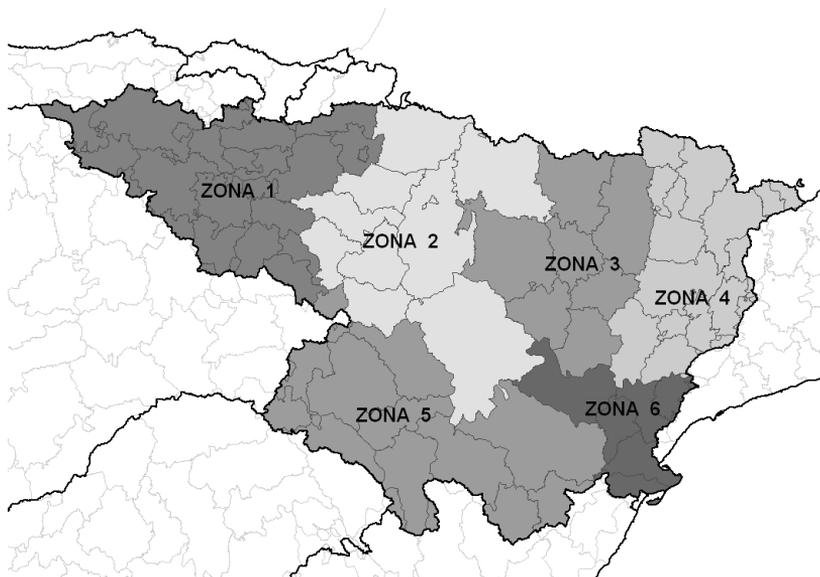
Por su parte, la **cuenca del Ebro** se ha dividido en 6 zonas, que también se han establecido con criterios de homogeneidad en cuanto al tipo de agricultura que se desarrolla, y que está muy vinculada a la situación geográfica, el clima y la disponibilidad de agua. Así podemos distinguir la zona alta del Ebro (*Zona 1*); tres grandes zonas de regadío con agua proveniente de la vertiente pirenaica y del eje del Ebro, separando los regadíos del Pirineo occidental (*Zona 2*) y Ebro Medio de las cuencas del Cinca (*Zona 3*) y el Segre

Mapa 1. Zonificación Guadalquivir



Fuente: MARM (2008), Grupo de Análisis Económico.

Mapa 2. Zonificación Ebro



Fuente: MARM (2008), Grupo de Análisis Económico.

(Zona 4), que conforman las otras dos zonas; una zona con agua de la vertiente ibérica (Zona 5) y por último el bajo Ebro (Zona 6), con predominancia de frutales y arroz en el delta. Toda la superficie de regadío del Ebro alcanza la cifra de 757.488, una superficie muy similar a la del Guadalquivir.

Cada zona descrita con anterioridad comprende a su vez un número variable de comarcas agrarias, que son las unidades de análisis consideradas para la aplicación empírica del modelo. En el presente trabajo, al objeto de simplificar la exposición, los resultados para cada comarca se han agrupado según las zonas descritas, y a su vez estos resultados se han agregado para mostrar la información a nivel de cuenca.

#### **4. Resultados de las simulaciones de los escenarios de la PAC**

Los resultados de los tres escenarios analizados se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Como puede observarse en el Cuadro 1, la desvinculación progresiva de las ayudas conduciría a consecuencias opuestas sobre la superficie regada y sobre la demanda total de agua (asumiendo una tecnología de riego y unos precios reales constantes). Por una parte, se puede observar cómo a mayor desvinculación de las ayudas menor es la superficie regada, y por tanto, como es previsible, la desvinculación de subvenciones conduce a una menor escala de la actividad del regadío. Esta disminución de la superficie regada, sin embargo, no tiene como consecuencia un menor uso de agua, de manera que puede apreciarse cómo se mantiene en los mismos niveles en su conjunto, aumentando por tanto el uso de agua por superficie. De acuerdo con esto, la mayor dependencia de los precios de mercado conduciría a un modelo agrario menos extensivo en el uso del suelo, pero más intensivo en el uso del agua. De esta manera, la eliminación de las restricciones administrativas y de los apoyos financieros públicos a la superficie ratificaría la hipótesis de que en la agricultura española la escasez relativa de agua es mayor que la de tierra cultivable. De lo anterior se deducen consecuencias sobre prioridades de las políticas agrarias y de agua que, de ser cierta la hipótesis anterior, conllevaría un mayor énfasis en el aumento de la eficiencia en el uso del agua que en la promoción de nuevas zonas regables.

En un nivel más específico, cabe destacar que pese a tener ambas cuencas una superficie regada similar, las necesidades hídricas de los cultivos del Ebro superan a las del Guadalquivir. Tal circunstancia posiblemente se deba a la menor disponibilidad de

**Cuadro 1. Superficie regada y uso de agua en el Guadalquivir**

<b>Superficie regada (ha)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	736.328	746.151
Reforma 2003	726.708	723.178
Desvinculación Total	672.079	713.274
<b>Uso de Agua (hm<sup>3</sup> Necesidades hídricas)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	2.930	3.507
Reforma 2003	2.944	3.420
Desvinculación Total	3.185	3.466
<b>Uso de Agua (hm<sup>3</sup> a pie de explotación)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	4.180	6.086
Reforma 2003	4.203	5.930
Desvinculación Total	4.172	5.904
<b>Uso de Agua (m<sup>3</sup>/ha a pie de explotación)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	5.676	8.156
Reforma 2003	5.783	8.200
Desvinculación Total	6.208	8.277
<b>Eficiencia de aplicación del riego (%)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Todos los escenarios	70	58

Fuente: MARM (2008), Grupo de Análisis Económico.

**Cuadro 1. Superficie regada y uso de agua en el Guadalquivir**

<b>Valor Añadido Bruto (€/ ha regada)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	1.393	2.713
Reforma 2003	1.543	2.714
Desvinculación Total	1.716	2.588
<b>Margen Neto + Pago Único (€/ ha regada)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	1.307	2.148
Reforma 2003	1.449	2.127
Desvinculación Total	1.496	2.015
<b>Empleo asalariado (UTA)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	46.101	16.437
Reforma 2003	37.012	16.191
Desvinculación Total	36.576	15.874
<b>Empleo familiar (UTA)</b>	<b>Guadalquivir</b>	<b>Ebro</b>
Agenda 2000	22.334	34.194
Reforma 2003	18.010	32.624
Desvinculación Total	17.442	31.824

Fuente: MARM (2008), Grupo de Análisis Económico.

agua en la segunda, y a la existencia de una gran superficie de olivar regada con dotaciones reducidas. Esto también se aprecia en la eficiencia de los sistemas de riego, ya que la diferencia de agua que llega a pie de explotación aumenta aún más entre ambas cuencas, debido a que la eficiencia de aplicación del agua del Guadalquivir ronda el 70% mientras que la del Ebro es del 58%, aunque estos datos no recogen las recientes actuaciones del Plan de Choque de modernización del regadío.

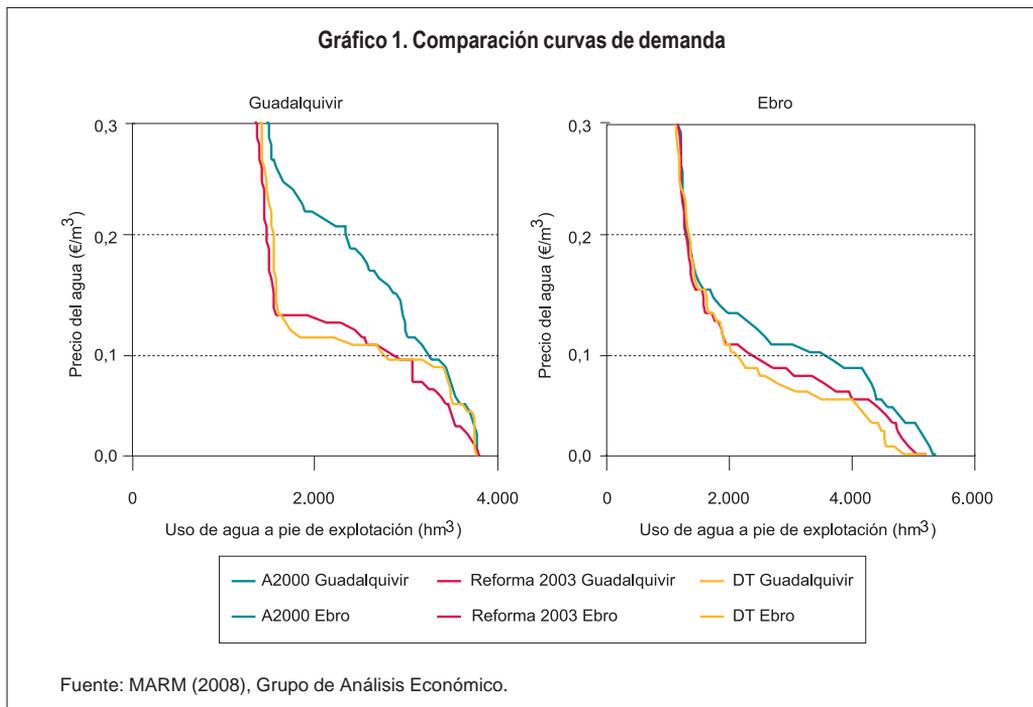
Respecto a los indicadores económicos, hay que destacar que la desvinculación puede tener consecuencias importantes sobre la competitividad relativa de los distintos territorios. En la cuenca del Guadalquivir un mayor nivel de desvinculación se traduce en mayor Valor Añadido Bruto (VAB), mientras que en el Ebro ocurre justamente lo contrario. Se observa como en el escenario Agenda 2000, el VAB por hectárea del Ebro casi duplica a la del Guadalquivir, y según se van desvinculando las ayudas esta diferencia se recorta, aunque el VAB el Ebro sigue siendo bastante superior, posiblemente por la dedicación de la tierra a cultivos más rentables e intensivos en agua. Desde la óptica del beneficio del agricultor, medido por el Margen Neto, las conclusiones son similares a las anteriores, aunque las diferencias entre ambas cuencas son menores.

Respecto al empleo, medido en Unidades de Trabajo Año (UTA), las necesidades en ambas cuencas son muy similares, aunque la titularidad del trabajo es diferente para ambas. Así, se observa cómo en el Guadalquivir el empleo asalariado es muy superior al empleo familiar, mientras que en el Ebro ocurre justamente lo contrario. Además, cabe destacar una fuerte pérdida de empleo asalariado en el Guadalquivir cuando se pasa de Agenda 2000 a cualquiera de los otros escenarios, efecto que es algo más moderado en el Ebro. Aunque no se muestre en los resultados, esta disminución del empleo en el Guadalquivir proviene de la zona del Alto Guadalquivir, donde el modelo arroja un descenso de superficie de olivar del 8,4%. El olivar, que de partida ocupaba algo más del 80% de la superficie de la zona, es un gran demandante de mano de obra asalariada, de ahí la disminución del empleo.

## 5. Resultados de las simulaciones de la tarificación del agua

Aunque la desvinculación de las ayudas financieras no tenga, como se ha visto, efectos significativos sobre la cantidad demandada de agua, sus efectos sí pueden ser importantes en lo que se refiere a la respuesta de los agricultores frente a cambios en el precio de este recurso. Una agricultura más vinculada a los incentivos del mercado puede presumirse que será también más sensible a los cambios en los precios y, en consecuencia, cabe esperar una mayor elasticidad de la demanda de agua. Con el objetivo de contrastar esta hipótesis, se han hecho simulaciones sobre la forma de la función de demanda en los dos casos de estudio.

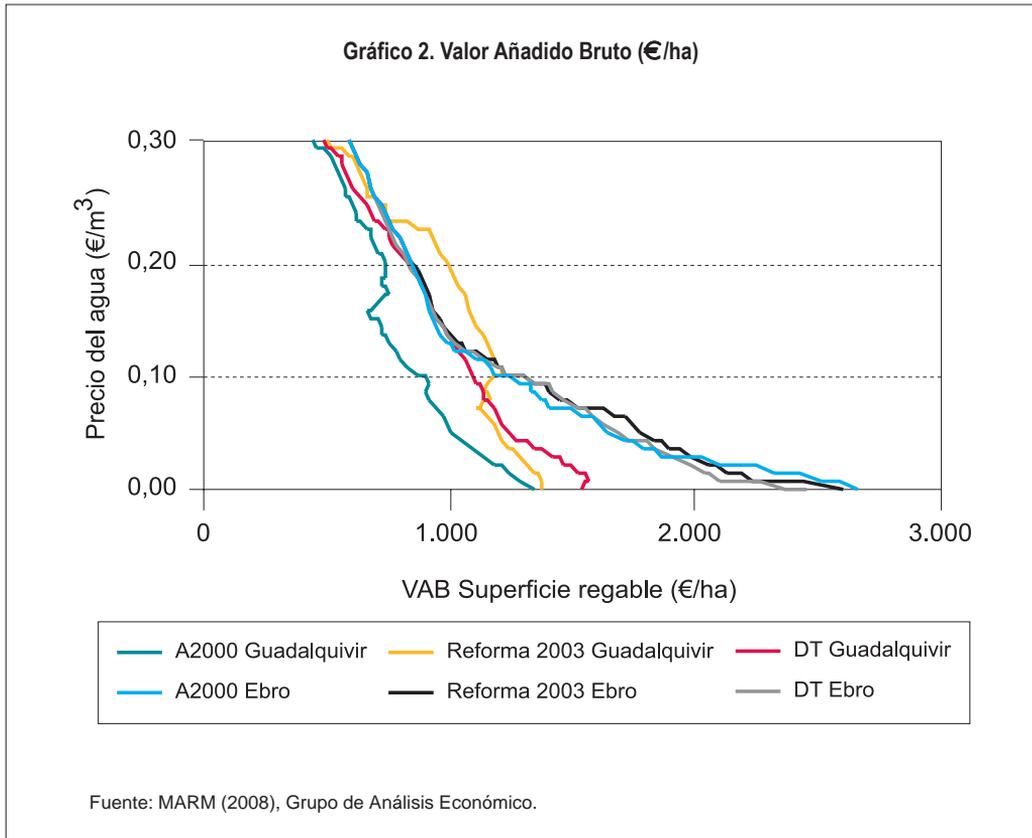
Una vez calculadas y agregadas las curvas de demanda para cada una de las zonas en las que se ha dividido el Guadalquivir y el Ebro para cada uno de los escenarios considerados, se pueden analizar los efectos que tendría el incremento del precio o del coste del agua sobre el uso de la misma y sobre otras variables socioeconómicas. El Gráfico 1 muestra las correspondientes curvas de demanda agregadas para cada caso de estudio y escenario de la PAC.



Como puede observarse, con independencia del escenario considerado, la agricultura del Ebro muestra una mayor sensibilidad a las variaciones en los precios del agua. Este resultado es coherente con el mencionado en el apartado anterior que indicaba un efecto mayor de la desvinculación de las ayudas sobre el VAB. Cualquiera que sea el escenario de PAC los precios del agua serán un mecanismo más efectivo y tendrán un mayor efecto sobre la producción agraria en la demarcación del Ebro que en la del Guadalquivir.

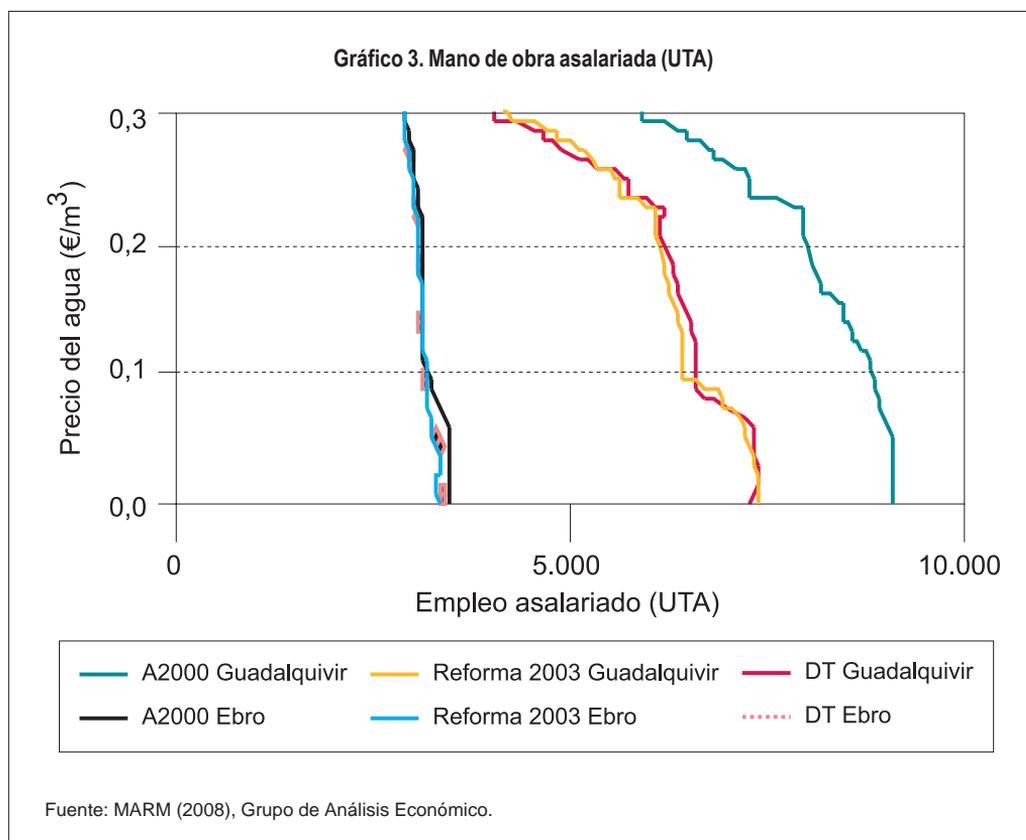
En segundo lugar, aunque la desvinculación no signifique menores consumos de agua, sí trae como consecuencia que las medidas de precios del agua tendrán una mayor efectividad como instrumentos de ahorro. La desvinculación en sí misma no ahorra agua pero sí sirve para aumentar la potencia de los incentivos económicos para el ahorro de agua. Para ambas cuencas, el escenario menos sensible a los aumentos del precio del agua es la Agenda 2000, y esto es lógico dado que las ayudas están vinculadas al cultivo, de manera que el margen de maniobra es menor, y el plan de cultivos viene muy condicionado por la política agraria. Una desvinculación de las ayudas hace que el regadío sea más sensible a los cambios de precio de los factores productivos, como es el caso del agua de riego. Esto ocurre especialmente en el Ebro, aunque no en el Guadalquivir para el primer tramo de precios del agua.

Los incrementos potenciales en el precio del agua también van a afectar a diferentes indicadores socioeconómicos, y habrá que valorar hasta qué punto una política de precios puede ser una buena vía para la consecución de los objetivos de la DMA. El Gráfico 2 muestra las variaciones del VAB cuando aumenta el precio del agua en ambas cuencas. En el Ebro un incremento de 5 céntimos ya supone una pérdida de aproximadamente 500 €/ha de VAB, pudiendo ser más según el escenario de la PAC que se considere. Por el contrario, en el Guadalquivir puede observarse cómo la disminución del VAB es mucho menos acusada, en sintonía con la disminución del uso del agua en sus primeros tramos. Esos 5 céntimos de incremento del precio podrían suponer en el Ebro un ahorro de 1.000 hm<sup>3</sup>, mientras que si el aumento es de 10 céntimos, el uso del agua disminuiría en más de 3.000 hm<sup>3</sup>, con unas pérdidas de VAB que rondan los 1.000 €/ha.



Sin embargo, en el Guadalquivir se aprecia cómo un incremento del precio del agua de 5 céntimos por metro cúbico supondría una disminución del uso del agua del orden de los 200 hm<sup>3</sup> en el escenario de la Agenda 2000 y de menos de 400 hm<sup>3</sup> en los otros dos escenarios, a la vez que las pérdidas de VAB en estos dos últimos escenarios no superan los 200 €/ha. Con un incremento de 10 céntimos de euro por metro cúbico la disminución del uso del agua en el escenario de la Agenda 2000 pasaría a casi 600 hm<sup>3</sup> y alrededor de 1.200 hm<sup>3</sup> en los otros dos escenarios, con pérdidas de VAB de casi 500 €/ha y 400 €/ha respectivamente, todavía lejos de las cifras para el Ebro.

Otra conclusión relevante del trabajo consiste en que los efectos de los precios del agua sobre la demanda de mano de obra asalariada son poco significativos. En este caso, los efectos negativos, por disminución de la actividad económica, parecen estar compensados por efectos positivos asociados a la sustitución de factores. El principal efecto sobre el mercado de trabajo es el resultado de la modificación de la política agraria que, como se observa en el Gráfico 3, se representa por una demanda decreciente de trabajo según el grado de desvinculación de las ayudas. Una vez producida tal desvinculación, el efecto que pueda tener el mayor precio del agua es muy poco significativo.



## 6. A modo de conclusión

Este trabajo ha pretendido ilustrar el papel que pueden tener los modelos aplicados de simulación de las decisiones de los agricultores como un mecanismo de apoyo a la toma de decisiones. Estos modelos, como hemos visto, son útiles para obtener una respuesta a problemas relevantes cuya solución no puede obtenerse a partir de modelos agregados o de principios generales de análisis económico. ¿Cuál será el escenario de demanda de agua en la agricultura que han de gestionar los planes de cuenca que se están elaborando en este momento para los próximos 15 ó 20 años? ¿Podemos esperar que el abandono de una política agraria con incentivos financieros a la producción genere los ahorros de agua necesarios para reducir la escasez a medio plazo de este recurso en España? ¿Qué efecto tendrán los cambios en los precios del agua dependiendo del escenario de la política agraria considerado? ¿En qué medida la desvinculación de los subsidios agrarios de la producción y el aumento de los precios del agua afectarán la competitividad regional, la producción y el empleo? Todas estas cuestiones son, sin lugar a dudas, relevantes para la definición de políticas adecuadas de gestión del agua, ya que su respuesta es el elemento clave para diseñar escenarios de base, para evaluar la efectividad de las alternativas disponibles y para dimensionar los costes de oportunidad de cualquier estrategia de gestión del recurso hídrico.

Como resumen de los resultados aquí presentados, puede afirmarse que a pesar de que la política agraria pueda condicionar la distribución de cultivos en las cuencas estudiadas, con los precios actuales del agua, el cambio de un escenario a otro no supone grandes variaciones en el uso de este recurso. No obstante, estos cambios de la política agraria sí tienen un efecto diferente en la actividad agraria según la zona estudiada. Para incrementos moderados en los precios del agua (hasta 10 céntimos de euro por metro cúbico) en el Guadalquivir, no se obtienen efectos significativos sobre el uso del agua ni sobre los principales indicadores de actividad económica, lo cual concuerda con estudios anteriores como el de Gómez-Limón y Berbel (2000). Por el contrario, los mismos incrementos de precio en la cuenca del Ebro sí conllevarían una importante disminución del uso del agua, a costa de una disminución en las rentas de los agricultores.

## Referencias bibliográficas

- Delforce, R.J. y Hardaker, J.B. (1985). "An experiment in multiattribute utility theory". *Australian Journal of Agricultural Economics*, 29(3): 179-198.
- Dyer, J.S., Fishburn, P.C, Steuer, R.E., Wallenius, J. y Zionts, S. (1992). "Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: The Next Ten Years". *Management Science*, 38(5): 645-654.
- Elfkhi, S. y Sanchez Chóliz, J. (2005). "Impacto socio-económico y ambiental de la nueva PAC. Repercusiones sobre agricultura de regadío en los Monegros (Aragón)". *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 208: 11-39.
- García Álvarez-Coque, J.M. y Rivera, L.M. (1995). "Un modelo para el diagnóstico económico y la simulación de las políticas agrarias (DESPA)". *Revista española de economía agraria*, 173: 113-144.
- Gómez, C.M. y Gutiérrez, C. (2008). "The MODERE Model and the Economic Analysis of Farmers' Decisions". Comunicación presentada en el *107th EAAE Seminar Modeling of Agricultural and Rural Development Policies*. Sevilla, España, 29 Enero-1 Febrero.
- Gómez-Limón, J.A. y Berbel, J. (2000). "Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study". *Agricultural Systems*, 63(1): 49-72.
- Gómez-Limón, J.A., Arriaza, M. y Berbel, J. (2002). "Conflicting Implementation of Agricultural and Water Policies in Irrigated Areas in the EU". *Journal of Agricultural Economics*, 53(2): 259-281.
- Hayashi, K. (1999). "Multicriteria analysis for agricultural resource management: A critical survey and future perspectives". *European Journal of Operational Research*, 122(3): 486-500.
- Iglesias, E., y Blanco, M. (2008). "New directions in water resources management: The role of water pricing policies". *Water Resources Research*, 44.

- Júdez, L., Chaya, C., Martínez, S. y González, A. A. (2000). "Effects of the measures envisaged in "Agenda 2000" on arable crop producers and beef and veal producers: an application of Positive Mathematical Programming to representative farms of a Spanish region". *Agricultural Systems*, 67(2): 121-138.
- López-Baldovín, M.J., Gutiérrez-Martín, C. y Berbel, J. (2005). "Multicriteria and multiperiod programming for scenario analysis in Guadalquivir river irrigated farming". *Journal of the Operational Research Society*, 57: 499-509.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008). *Los Usos del Agua en la Economía Española: Situación Actual y Perspectivas. Informe Integrado del Análisis Económico de los Usos del Agua: Artículos 5 y Anejos II y III de la Directiva Marco del Agua*, MARM, Madrid.
- Rausser, G.C. y Yassour, J. (1981). "Multiattribute utility analysis: The case of Filipino rice policy". *American Journal of Agricultural Economics*, 63(4): 484-494.
- Rehman, T. y Romero, C. (1993). "The application of the MCDM paradigm to the management of agricultural systems: Some basic considerations". *Agricultural Systems*, 41(3): 239-255.
- Romero, C. y Rehman, T. (1984). "Goal programming and multiple criteria decision-making in farm planning: An expository analysis". *Journal of Agricultural Economics*, 35(2): 177-190.
- Romero, C., Amador, F. y Barco, A. (1987). "Multiple Objectives in Agricultural Planning: A Compromise Programming Application". *American Journal of Agricultural Economics*, 69(1): 78-86.
- Varela-Ortega, C., Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M. y Iglesias, E. (1998). "Water pricing policies, public decision making and farmers' response: implications for water policy". *Agricultural Economics* 19(1-2): 193-202.



# El regadío y la política de desarrollo rural\*

*Eduardo Moyano y Fernando E. Garrido Fernández*

## 1. Introducción

Hasta hace sólo tres décadas, en España las políticas de agua se basaban en la superposición de dos lógicas complementarias: una, general, basada en la construcción, con dinero público, de grandes obras hidráulicas y orientada a crear las infraestructuras necesarias para asegurar la oferta del recurso hídrico a los distintos usuarios; y otra, sectorial, destinada a impulsar el crecimiento económico de las zonas rurales mediante la puesta en riego de grandes áreas agrícolas de secano. En consonancia con ese planteamiento, el agua y los asuntos relacionados con su gestión formaban parte tanto de la política de obras públicas, como de la política agraria.

Los ministerios de Obras Públicas y de Agricultura definían en buena armonía sus correspondientes planes de actuación al tener ámbitos competenciales bien delimitados y disponer de eficaces organismos para desarrollarlos: el ministerio de Obras Públicas, a través de las Confederaciones Hidrográficas; y el ministerio de Agricultura, a través, primero, del INC (Instituto Nacional de Colonización), y, más tarde, del IRYDA (Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario).

En lo que se refiere a la gestión de las aguas superficiales destinadas al regadío, el sistema se basaba en una concepción privada del recurso hídrico, de tal modo que, una vez realizada la obra hidráulica mediante inversión pública, y efectuada la concesión a los agricultores organizados en comunidades de regantes, éstos pasaban a gestionar la

---

\* Una versión similar de este capítulo fue publicada por los autores en 2008 en la revista *Arbor* en el vol. 184 (729), pp. 71-85.

utilización del recurso con pleno dominio sobre el mismo. Era, en definitiva, una gestión de tipo corporativo (de hecho, las comunidades de regantes tenían, y aún tienen, la naturaleza jurídica de corporaciones de derecho público), por la cual los agricultores se arrogaban el derecho a utilizar el agua sin más limitaciones que las impuestas por la comunidad a la que obligatoriamente pertenecían por su condición de regantes.

A mediados de los años 80, justo tras la aprobación de la Ley de Aguas (1985), las cosas dejaron de funcionar de esa manera, y el sistema de gestión de los recursos hídricos comenzó a cambiar, contribuyendo a ello varios factores. Un primer factor sería la declaración de dominio público, en el marco de la mencionada Ley, de todas las aguas superficiales y subterráneas, estableciéndose criterios para priorizar su uso en función del destino (doméstico, agrícola, industrial,...) y reforzándose las competencias de las autoridades centrales de cada cuenca para establecer sistemas más estrictos de concesión del recurso hídrico a los usuarios.

Un segundo factor fue sin duda la creación en 1996 del ministerio de Medio Ambiente, que propiciaría el traslado de las competencias en materia de política de aguas al nuevo ministerio, dando así por finalizado el largo periodo en el que tales competencias habían estado distribuidas entre los ministerios de Obras Públicas y Agricultura y dando entrada a técnicos con una formación que implicaba una sensibilidad diferente hacia los asuntos relacionados con la gestión del agua.

Un tercer factor fue el traspaso gradual de competencias sobre agua a las Comunidades Autónomas (CC.AA.) en el marco del proceso general de descentralización política y administrativa del Estado, lo que favorecería su integración en los nuevos departamentos regionales de Medio Ambiente e incluso la creación de agencias u organismos especializados en la gestión de los recursos hídricos (como es el caso de la Agencia Andaluza de Agua).

La aprobación de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE, de 23 de octubre) y su traslación a las normativas nacionales y regionales, ha constituido un cuarto factor de cambio en el modo de concebir la gestión de los recursos hídricos al fijar una serie de principios para guiar las correspondientes políticas de agua en los distintos Estados miembros de la Unión Europea (como el principio de "recuperación de costes"). Asimismo, al establecer la conservación del buen estado ecológico de ríos, lagos, lagunas y humedales, como objetivo central de las políticas de agua, impulsa una concepción integral y no sectorial de los recursos hídricos teniendo en cuenta sus implicaciones en el territorio circundante.

Finalmente, las sucesivas reformas de la PAC (sobre todo, la vinculada a la Agenda 2000, la reforma Fischler de 2003 y 2005 y la reciente del *Health Check* o Chequeo Médico de 2008) han contribuido a la construcción de un nuevo escenario para la agricultura europea, en el que se combina producción agraria, desarrollo rural y multifuncionalidad, y donde los regadíos se integran en un modelo agrícola más sostenible y más equilibrado en la utilización de los recursos naturales (entre ellos el agua).

Todo ello implica una nueva forma de concebir la gestión de los recursos hídricos, pasando de una concepción sectorial y productivista, a otra territorial y de sostenibilidad. En ella, la gestión no se plantea desde una lógica de aumento ilimitado de la oferta, sino de una lógica de racionalización de la demanda y de consideración del agua como recurso que tiene la capacidad de satisfacer un conjunto de funciones y usos no sólo económicos, sino también sociales y ambientales (Aguilera, 2001; Garrido-Fernández, 2006). En ese contexto se manifiestan cambios importantes en el modo en que amplios sectores de la opinión pública española plantean sus demandas respecto al buen uso del agua. Un primer cambio se debe al hecho de haberse modificado la percepción social de la agricultura, pasando de ser un sector valorado, sobre todo, por su contribución al abastecimiento de alimentos, a ser tratado como una actividad multifuncional, cuya valoración se hace hoy no sólo en términos productivos (que también), sino ecológicos y culturales<sup>1</sup>. Un segundo cambio tiene que ver con la percepción por parte de los ciudadanos de que el agua es un recurso escaso que debe ser compartido entre varios grupos de usuarios, no siendo ya los agricultores sus destinatarios preferentes.

Esta percepción del agua no se plantea ya en los mismos términos que el problema clásico de la sequía que, por razones climatológicas, afecta en determinados periodos coyunturales a las zonas áridas o subáridas, sino en términos diferentes (Calvo, 2001; François, 2006; Lasserre, 2005; Morales *et al.*, 1999; Moyano, 2006). Es percibido como un problema crónico de escasez, ocasionado por el aumento ilimitado de la demanda de recursos hídricos por los distintos grupos de usuarios para seguir avanzando en el crecimiento económico de sus respectivos sectores de actividad.

---

<sup>1</sup> En los sucesivos Agrobárometros de Andalucía que vienen realizándose desde 2003, dos de cada tres andaluces valoran los aspectos multifuncionales de la agricultura, destacando sobre todo la producción de alimentos sanos y de calidad, la generación de empleo y la protección del medio ambiente. Asimismo, más de la mitad de los andaluces valoran positivamente las nuevas orientaciones de la política agraria hacia la potenciación de funciones distintas de las productivas (IESA, 2005 y 2007). Para más información ver también Gómez-Limón *et al.*, (2007).

Pensar hoy en el agua como problema, es reflexionar, en definitiva, sobre sus implicaciones económicas, sociales y territoriales. De ahí que la gestión de los recursos hídricos sea planteada desde una perspectiva basada en la *eficiencia* (valorando los costes de las inversiones y su buen uso), la *racionalidad* (optimizando los recursos disponibles) y la *sostenibilidad* (teniendo en cuenta sus efectos presentes y futuros sobre el medio ambiente y el territorio), que son los tres pilares de lo que ha venido en llamarse la "Nueva Cultura del Agua" (NCA) (Del Moral, 2006; Martínez Fernández y Esteve, 2006). No obstante, esta nueva forma de tratar los asuntos relacionados con el agua coexiste con una cultura tradicional para la cual el agua es un factor imprescindible en el desarrollo económico de muchas zonas, debiendo garantizarse su disponibilidad sin mayores limitaciones que las impuestas por el nivel de la tecnología y por los recursos públicos necesarios para la financiación de las obras hidráulicas (Madrid, 2006).

Sea como fuere, lo cierto es que hoy el agua, y en general la gestión de los recursos hídricos, se ha convertido en asunto de debate público sobre el que los diferentes actores presentan opiniones, actitudes y comportamientos diversos, y sobre el que se generan conflictos -de ahí que se hable de la *cuestión hídrica* como antaño se hablaba de la *cuestión agraria* para referirse al problema de la distribución de la tierra-. Por lo que se refiere al debate en torno a las implicaciones territoriales de las políticas de aguas, la discusión se centra inevitablemente en los efectos del regadío, debido a la magnitud de tales efectos en comparación con otros usos<sup>2</sup>. No obstante, "la incidencia de la actividad agraria sobre el sistema hidrológico no se reduce a la presión sobre la cantidad de agua, sino a los impactos sobre su calidad y sobre los cauces y riberas" (Del Moral, 2006), tal como queda demostrado con la contaminación de las aguas por nitratos de origen agrario, cuyos efectos alcanzan a la calidad del agua destinada al abastecimiento de la población.

En este capítulo se reflexiona sobre las implicaciones territoriales de la agricultura de regadío en España, mostrando cómo su extraordinaria diversidad plantea situaciones muy variadas en el escenario actual de la política agraria y desarrollo rural, un escenario donde

---

<sup>2</sup> "En España, un total de unos 24.000 Hm<sup>3</sup>/año es agua para riegos, representando alrededor del 80% de la demanda nacional, mientras que el 20% restante se distribuye en abastecimiento de poblaciones, usos industriales y otros. Dicha cifra se corresponde con una superficie regada del orden de 3 millones 500 mil has y una dotación media unitaria que puede variar alrededor de los 5.000 m<sup>3</sup>/ha y año, con unas pérdidas (consuntivas y no consuntivas) (...) comparables al de esas necesidades medias de agua de los cultivos" (Losada, 2006). El Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural señala que la producción obtenida en tierras de regadío representa más de la mitad de la PFA (aunque sólo afecte al 15% de la superficie agraria útil) y que una hectárea regada produce seis veces más que una de secano y genera cuatro veces más de renta (MAPA, 2007a).

el reglamento europeo Reg. 1698/2005 y el fondo FEADER, así como la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural (aún en fase de aplicación), ofrecen instrumentos adecuados para avanzar en los nuevos planteamientos sobre la gestión de los recursos hídricos.

En primer lugar, analizaremos el citado Reglamento de Desarrollo Rural, exponiendo los principios que lo inspiran y el modo como se está aplicando en España, resaltando del análisis aquellos elementos del reglamento europeo que ofrecen oportunidades para promover el buen uso del agua en la agricultura e impulsar una adecuada valoración de las implicaciones territoriales de los regadíos agrícolas. En segundo lugar, mostraremos, a partir de la realidad de Andalucía, la diversidad de las zonas regables, elaborando una tipología que nos permita clarificar el debate en torno a tales implicaciones y al aprovechamiento de las distintas medidas previstas en el mencionado Reglamento de desarrollo rural. Finalmente, y en el apartado de conclusiones, se analizará el nuevo escenario que significa para la gestión del agua la creación del ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, en el que las competencias en esta materia han experimentado una importante reestructuración político-administrativa.

## **2. Desarrollo rural y buen uso del agua**

Como han señalado diversos autores (Del Moral, 2006; Moyano, 2006; Garrido-Fernández, 2006), la nueva política de desarrollo rural ofrece múltiples oportunidades para avanzar hacia las metas fijadas en la DMA, ya que buena parte de los objetivos del nuevo Reglamento 1.698/2005 son coincidentes con los objetivos e instrumentos planteados en dicha Directiva europea. De ahí el interés de analizar las potencialidades del nuevo reglamento de desarrollo rural para promover nuevas formas de abordar la gestión de los regadíos agrícolas e incorporar a los agricultores en un modelo más sostenible de agricultura.

### **2.1. El reglamento de Desarrollo Rural y su aplicación en España**

Como señala Moyano (2005), el citado Reglamento 1.698/2005 de Desarrollo Rural integra las concepciones *agraria* y *territorial* en torno al segundo pilar de la PAC, un pilar que, ampliado, pasa a convertirse así en el soporte sobre el que descansará la nueva política europea de desarrollo rural en el nuevo escenario 2007-2013.

**Cuadro 1. Ejes del Reglamento de Desarrollo Rural y porcentajes mínimos de financiación con cargo al FEADER (\*)**

EJES DE ACTUACIÓN	OBJETIVOS
PRIMER EJE (10% de financiación mínima)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la competitividad de la agricultura.</li> <li>• Mejora de la calidad de las producciones alimentarias.</li> </ul>
SEGUNDO EJE (25% de financiación mínima)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión sostenible de las explotaciones agrarias (programa agroambiental,...) y forestales.</li> <li>• Gestión sostenible de los territorios (Red Natura 2000).</li> </ul>
TERCER EJE (10% de financiación mínima)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversificación de actividades económicas.</li> <li>• Mejora de la calidad de vida en el medio rural.</li> </ul>
CUARTO EJE (5% de financiación mínima)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensión del enfoque Leader a los tres ejes anteriores.</li> <li>• Constitución de grupos de desarrollo rural.</li> </ul>

(\*) Los porcentajes mínimos suman 50%. Los gobiernos nacionales pueden elevar esos porcentajes distribuyendo a su criterio entre los distintos ejes el 50% restante de los recursos asignados por el FEADER a cada Estado miembro.

Fuente: Moyano (2005).

Analizando su contenido, observamos tres Ejes en torno a los cuales se articulan las distintas acciones de desarrollo rural, y un cuarto eje (transversal) para promover la metodología ascendente y participativa (enfoque Leader) en el resto de los ejes (ver Cuadro 1).

Se pretende que la implementación de esos tres ejes se realice siguiendo el enfoque ascendente y participativo que tan buenos resultados ha dado en los más de diez años de iniciativa Leader. Es en este sentido en el que hay que entender la inclusión del cuarto eje antes mencionado, un eje que no es un conjunto de acciones concretas, sino un eje transversal al que se le asigna recursos (un 5% de porcentaje mínimo de financiación) para poder extender el enfoque y filosofía Leader a la hora de aplicar las acciones comprendidas en los otros tres ejes.

En definitiva, el nuevo Reglamento integra las dos concepciones del desarrollo rural: la *agraria* (articulada en el primer eje y en parte del segundo, y dirigida a los agricultores como sus exclusivos beneficiarios) y la *territorial* (articulada en parte del segundo eje y en el tercero, y dirigida al conjunto de la población rural).

En los distintos países de la UE, la aplicación del citado Reglamento europeo de desarrollo rural exige, en una primera etapa, la elaboración de un Plan Estratégico Nacional (PEN) por parte de cada Estado miembro, así como de un Programa Nacional de Desarrollo Rural (PNDR), que, en el caso de Estados con estructura descentralizada, debe ser elaborado a partir de los programas regionales, si bien con la posibilidad de fijar algunos criterios de coordinación en un Marco Nacional de Desarrollo Rural (MNDR).

En España, todo ello se ha realizado mediante un laborioso procedimiento, debido a la distribución de competencias entre la Administración central y las CC.AA. en materia de agricultura y desarrollo rural. En el PEN español (aprobado en abril de 2007) (MAPA, 2007b) se realiza un exhaustivo diagnóstico de la agricultura y el medio rural en España, se fija -a partir de los mínimos establecidos en el Reglamento europeo- una horquilla de porcentajes de los recursos del FEADER destinados a financiar las acciones de los cuatro Ejes, y se incluye, además, un Plan específico para la Red Nacional Rural -formada por las dos redes que integran a los grupos de acción local en España-. Con objeto de orientar el trabajo de los gobiernos de las CC.AA., el gobierno central, aprovechando la facultad que concede la Comisión Europea, ha elaborado el correspondiente MNDR, donde se definen las áreas estratégicas de actuación, se fijan objetivos prioritarios en cada Eje, se establecen seis medidas de carácter horizontal (obligatorias para cada programa regional) y se hacen algunas recomendaciones -como la de aplicar la fórmula de los contratos territoriales de explotación en las acciones previstas para los Ejes 1 y 2-. En los Programas regionales, los gobiernos de las CC.AA. tienen posibilidad de concretar, según sus criterios y preferencias y respetando las directrices del MNDR, las acciones que conforman los cuatro Ejes, definiendo sus estrategias y ampliando los porcentajes de financiación -dentro de las horquillas fijadas en el PEN para cada Eje-, bien con cargo a los recursos procedentes del FEADER o bien completándolos con recursos propios -ya sea de los presupuestos regionales, los recursos obtenidos de la modulación de las ayudas agrarias, o mediante compromisos fijados en la Conferencia Sectorial entre el Gobierno central y las correspondientes Consejerías de agricultura y desarrollo rural en cada CC.AA.

Respecto al contenido del PEN y del MNDR, se observa cómo ya en el capítulo de diagnóstico de ambos documentos aparecen con nitidez los elementos clásicos de una concepción agraria del desarrollo, al señalarse que "el sector agrario será el principal elemento sobre el que incidirá la programación de desarrollo rural en España" en el periodo 2007-2013. En sintonía con esa declaración programática, se considera que uno de los instrumentos fundamentales para luchar contra el problema del despoblamiento de las zonas rurales españolas son las acciones contempladas en el Primer Eje del Reglamento, estableciéndose cuatro medidas horizontales, a saber: la modernización de regadíos, la instalación de jóvenes en la agricultura, el apoyo a la industria agroalimentaria y el establecimiento de servicios de asesoramiento a los agricultores para facilitarles el cumplimiento de los criterios de ecocondicionalidad y ayudarles a mejorar las condiciones ambientales de sus explotaciones agrarias. Las otras dos medidas horizontales se refieren a acciones del Segundo Eje: una, para la aplicación de la Red Natura 2000 en espacios forestales; y otra, para desarrollar un programa de prevención de incendios forestales.

En consonancia con ello, a la hora de fijar los porcentajes del FEADER para financiar las diversas acciones previstas en el Reglamento, el PEN eleva sensiblemente el porcentaje del eje que concentra las acciones más relacionadas con la agricultura, es decir, el Eje 1 (modernización y competitividad agraria), que se quintuplica (pasando del mínimo del 10% fijado en el Reglamento, a una horquilla de 50-55%). El porcentaje para financiar las acciones del Eje 2 (correspondiente a la Red Natura 2000 y el programa agroambiental) aumenta también, pero en menor medida (del mínimo del 25% a una horquilla de 35-40%). Respecto al porcentaje del Eje 3 (diversificación de actividades), apenas aumenta (sólo pasa del 10% hasta una horquilla de 10-15%), mientras que el del Eje 4 (aplicación de la metodología Leader) pasa del 5 al 10%.

## **2.2. Las medidas del FEADER relacionadas con el buen uso del agua**

Si se analiza el PEN y el MNDR, observamos que el tema del agua se plantea, al menos en su nivel discursivo y programático, desde una concepción multifuncional, observándose expresiones que están en sintonía con el propósito de avanzar en los objetivos de la DMA y en un modelo de agricultura más sostenible en lo que se refiere a la utilización del agua y sus implicaciones territoriales. En efecto, aunque en ambos documentos se reconoce que "las difíciles condiciones climáticas españolas convierten al factor agua en el principal limitante de la agricultura y ganadería", se admite también la necesidad de hacer sostenible la práctica del regadío, aconsejándose "orientar la gestión de los recursos hídricos hacia el ahorro de agua, manteniendo la coherencia con el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua". Se indica, además, que tales objetivos "se concentrarán, por tanto, en optimizar la eficacia y mejorar la eficiencia técnica y económica en la aplicación de los recursos hídricos".

A los efectos del análisis que se realiza en este capítulo, cabe señalar que, de las seis medidas horizontales establecidas en el MNDR, sólo una de ellas merece ser destacada por su influencia directa en la promoción de una agricultura de regadío más sostenible en sus efectos sobre el territorio, a saber: la "gestión de recursos hídricos" incorporada al Eje 1 y destinada al ahorro de agua mediante la modernización de los actuales regadíos -excluyendo de forma expresa la ampliación de la superficie regada-. Otras acciones contempladas con carácter prioritario en el Eje 2, como la aplicación de la Red Natura 2000 en las explotaciones agrarias -que incluye la compensación a los agricultores por las restricciones derivadas de las medidas adoptadas en los planes de gestión de cuenca (por ejemplo,

la restauración de humedales)-, el desarrollo del programa agroambiental -que incluye la posibilidad de aplicar medidas que promuevan la extensificación agraria y disminuir la presión sobre los recursos hídricos- o las acciones relativas a la aplicación de la DMA o a la restauración hidrológico-forestal, no son contempladas en el MNDR como medidas horizontales, por lo que su inclusión en los programas regionales será facultativa y dependerá de la voluntad de los gobiernos de las CC.AA. Lo mismo ocurre con las acciones previstas en el Eje 3, donde si bien el Reglamento prevé actuaciones dirigidas a la conservación y mejora del patrimonio rural -incluyendo actividades de sensibilización, mantenimiento y mejora del patrimonio natural (restauración de riberas, depuración de aguas residuales en zonas rurales,...)-, su no consideración como medidas horizontales en el MNDR las hará depender también de las decisiones adoptadas por los gobiernos regionales.

En lo que respecta a la citada medida horizontal de "gestión de recursos hídricos", el MNDR justifica su inclusión en el hecho de seguir las orientaciones de la DMA, asegurando tanto el abastecimiento de agua a los cultivos, como la sostenibilidad de los sistemas de regadío, y procurando que todo ello repercuta en la mejora de la calidad del agua de consumo humano, así como en la mejora de la situación ambiental de las explotaciones agrarias y del paisaje vinculado al regadío. Las acciones previstas en esta medida horizontal son de dos tipos: a) *mejora de regadíos* en zonas bien dotadas de recursos hídricos, para promover el ahorro de agua y reducir la contaminación por nitratos, actuándose sobre las infraestructuras de las Comunidades de Regantes; y b) *consolidación de regadíos* en zonas infradotadas, para mejorar las estructuras hidráulicas y las redes de conducción, de modo que se reduzca la demanda de agua y haya menos necesidad de aportaciones adicionales de recursos hídricos.

Vemos, por tanto, que los temas relacionados con el agua y la gestión de los recursos hídricos ocupan un espacio importante en la aplicación en España del Reglamento europeo de Desarrollo Rural, recibiendo tanto en el PEN, como en el MNDR, un tratamiento no sólo agrario, sino multifuncional, con el objetivo final de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de regadío y de velar por sus implicaciones sobre el territorio. No obstante, y debido a las escasas medidas horizontales que se han incluido sobre este tema en el MNDR (sólo una), resulta que el aprovechamiento real de las potencialidades del Reglamento dependerá del contenido de los correspondientes programas regionales de desarrollo rural y de la sensibilidad de los responsables políticos de cada CC.AA. ante los asuntos relacionados con la gestión sostenible de los recursos hídricos en sus respectivos territorios.

La fórmula de los *contratos territoriales de explotación* (CTEs) ya utilizada en otros países (como Francia o Reino Unido) (Velasco y Moyano, 2007), es un buen instrumento para integrar con una visión no sectorial, sino territorial, las acciones incluidas en los distintos Ejes. Concretamente, las acciones relacionadas con el objetivo de alcanzar unos sistemas de regadío más sostenibles desde el punto de vista económico, ambiental y territorial, podrían tener en esos contratos una vía adecuada para ser integradas en proyectos globales de desarrollo donde la explotación agraria sea contemplada no sólo como una unidad económica, sino como un ámbito de actividad cuyas implicaciones sobre el territorio circundante debieran ser tratados por los agricultores y los poderes públicos como asuntos de interés general, recibiendo por ello una remuneración en forma de pago o de compensación económica de naturaleza dineraria o de otro tipo<sup>3</sup>.

Sin embargo, el hecho de que el MNDR no le dé a los contratos territoriales de explotación un carácter obligatorio, sino meramente facultativo, hacen dudar de que estas fórmulas contractuales vayan a ser realmente utilizadas por los gobiernos de las CC.AA. a la hora de aplicar el Reglamento de Desarrollo Rural. En tal caso se corre el riesgo de que las acciones previstas en los distintos Ejes se apliquen de forma aislada, sin conexión entre ellas, con una visión más sectorial que integradora, y sin que se aproveche el potencial innovador del citado Reglamento, que no es otro que el de propiciar una integración entre las concepciones agraria y territorial del desarrollo y concretar en la práctica el principio de la multifuncionalidad.

### 3. La diversidad de las zonas regables en España

Plantear las implicaciones territoriales del regadío y explorar las potencialidades del Reglamento europeo de desarrollo rural FEADER en esta materia, exige reconocer previamente la diversidad de las zonas regables en España, donde coexisten áreas modernas de gran eficiencia en la gestión de los recursos hídricos gracias al empleo de las nuevas tecnologías y a una eficaz articulación organizativa de los regantes, junto a otras con sistemas de riego ya obsoletos, deficientes canales de distribución y comunidades ineficaces para asumir la necesaria dirección y liderazgo en el colectivo de usuarios. Mientras que en el primer caso, el regadío se convierte en un elemento catalizador del desarrollo económico transformando a la agricultura en un sector competitivo, en el segundo actúa como factor limitante dificultando cualquier iniciativa de modernización y generando, ade-

más, serios problemas de sostenibilidad de los recursos y negativos efectos sobre el territorio. No obstante, este segundo grupo de zonas regables no es un conjunto homogéneo, por cuanto que sus problemas se deben a causas diversas, que hay que estudiar en cada caso concreto. En efecto, factores como la antigüedad de los sistemas de riegos, las deficientes estructuras de las explotaciones agrarias, la variedad paisajística, la presión externa de áreas metropolitanas, la competencia por los recursos hídricos, el envejecimiento de la población y la ausencia de relevo generacional, el mal funcionamiento de las comunidades de regantes,... se manifiestan de modo diverso en estas zonas, convirtiéndose en causas que hay que remover mediante adecuadas políticas públicas.

En este escenario, parece necesario indagar en la diversidad de este conjunto de áreas regables que, por unas u otras razones, muestran problemas en la gestión de los recursos hídricos, para, a partir del diagnóstico pertinente, explorar las posibilidades que ofrece el Reglamento FEADER para intentar resolver sus deficiencias y compensar sus limitaciones. Dada la heterogeneidad antes expuesta y a partir de un estudio realizado en Andalucía (Garrido-Fernández, 2006), se plantean a continuación cuatro casos de áreas regables, que, si bien no agotan la diversidad del regadío en España, pueden considerarse representativos de zonas con problemas vinculados a la compleja relación entre agua, territorio y agricultura. Aunque la información corresponde al territorio rural de Andalucía, las conclusiones del estudio se han utilizado, en un esfuerzo de generalización empírica, para elaborar una tipología que pueda ser de utilidad para propiciar el debate sobre la diversidad socioeconómica y territorial del regadío en España y la incidencia de las nuevas políticas de desarrollo rural en cada tipo de zona (ver Cuadro 2).

---

<sup>3</sup> Mediante los CTEs se incentiva a los agricultores para que desarrollen un proyecto *global* en sus explotaciones, introduciendo cambios en el modo de gestionarlas y definiendo sus estrategias productivas dentro de una visión integral de las relaciones entre agricultura y territorio y de acuerdo con las prioridades establecidas a nivel de cada ámbito territorial (una provincia, una comarca, una región) (Velasco y Moyano, 2007).

**Cuadro 2. Tipología de zonas regables**

<b>Tipo de zona regable</b>	<b>Problemática</b>	<b>Potencialidad</b>
<p><i>Tipo I:</i> Zonas con potencialidad de desarrollo agrícola y déficit de modernización</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inadecuado aprovechamiento de los recursos hídricos.</li> <li>● Mal estado de las infraestructuras de riego.</li> <li>● Obsolescencia de los sistemas de regadío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adecuadas condiciones edáficas y climatológicas.</li> <li>● Suficientes recursos hídricos.</li> <li>● Tejido social articulado.</li> <li>● Buenas comunicaciones.</li> </ul>
<p><i>Tipo II:</i> Zonas condicionadas por fenómenos de rururbanización y competencia por el territorio</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Proximidad a grandes áreas urbanas en expansión.</li> <li>● Disminución de la superficie regable.</li> <li>● Competencia por el territorio.</li> <li>● Mal estado de las conducciones de riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Buenas condiciones edáficas y climatológicas.</li> <li>● Adecuada estructura agraria.</li> <li>● Buenas comunicaciones.</li> <li>● Cercanía a núcleos de población que demandan usos alternativos del territorio.</li> </ul>
<p><i>Tipo III:</i> Zonas condicionadas por la competencia de usos del agua entre agricultores y otros usuarios (domésticos e industriales)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Proximidad a áreas urbanas e industriales en expansión.</li> <li>● Desarticulación y heterogeneidad desde el punto de vista social y paisajístico.</li> <li>● Deficiencias técnicas en el proceso de transformación en regadío.</li> <li>● Deficiente calidad del agua y de las instalaciones de riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cercanía a nudos de comunicación.</li> <li>● Posibilidad de alternativas de cultivos.</li> <li>● Presencia de actores sociales con capacidad de articulación.</li> <li>● Perspectivas de diversificación económica.</li> </ul>
<p><i>Tipo IV:</i> Zonas con dificultades para aprovechar la elevada disponibilidad de recursos hídricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Características socioeconómicas y estructurales adversas (población envejecida, microparcelación, cultivos tradicionales, malas comunicaciones,...).</li> <li>● Alta dependencia de subsidios sociales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Abundancia de agua.</li> <li>● Zonas con potencialidad ambiental y pasajística.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, a partir de Garrido-Fernández (2006).

### **Tipo I: Zonas con potencialidad de desarrollo agrícola y déficit de modernización**

Este tipo de zonas -de las que Guadalcaçín, sita en los municipios gaditanos de Jerez y Arcos de la Frontera, es un caso paradigmático- se caracterizan por mostrar un claro potencial de desarrollo agrícola, ya que cuentan con unas adecuadas condiciones climáticas y edafológicas, poseen suficientes recursos hídricos, tienen un tejido social articulado en comunidades de regantes, existen iniciativas de carácter comercial y se encuentran cercanas a grandes núcleos de población. Su problema consiste en un limitado aprovechamiento de los recursos hídricos debido, por un lado, al mal estado de las redes de riego (tanto principales como secundarias), que ocasionan pérdidas importantes de agua, y, por otro, a la existencia de un sistema de regadío que, al haber transcurrido mucho tiempo desde que se instaló, ha quedado obsoleto, dificultando las iniciativas de los agricultores para introducir reformas en los sistemas de cultivos.

De ahí que las principales demandas en este tipo de comarcas no sólo sean la mejora de las redes de riego, sino la modernización global del sistema de regadío para posibilitar una reforma integral de la agricultura de la zona. Asimismo, al ser áreas con potencial de desarrollo, surgen iniciativas de los sectores más dinámicos, como pueden ser los jóvenes o las nuevas cooperativas creadas en torno a sistemas innovadores de producción agrícola, que no encuentran salida por la deficiente articulación existente entre el sector agrario, el sector industrial y los centros de consumo.

Riego, modernización de la agricultura y desarrollo rural son, por tanto, los elementos de una tríada que, en el caso de este tipo de comarcas, forman parte de una misma problemática a la que el nuevo Reglamento de Desarrollo Rural (FEADER) puede aportar soluciones. En concreto, parece tener un buen acomodo el conjunto de medidas que se incluyen en el Eje 1 de este Reglamento y cuyo objetivo es el "aumento de la competitividad del sector agrario". Actuaciones comprendidas en el apartado destinado a la "mejora del capital humano", como las relativas a la información y formación profesional de las personas que trabajan en el sector agrícola y forestal, la utilización de servicios de asesoramiento por parte de los agricultores (en materia de comercialización, por ejemplo) o la instalación de jóvenes, servirían para apoyar las iniciativas de los grupos más emprendedores.

Al mismo tiempo, y dentro de ese mismo Eje 1, serían de aplicación en estas zonas las medidas relativas a la "mejora de la calidad de la producción agrícola", que, por medio de actuaciones dirigidas al desarrollo de estructuras comerciales adecuadas o a la inte-

gración de las producciones en denominaciones de calidad, se adaptarían bien a las características y problemáticas de este tipo de zonas regables con potencial de desarrollo y modernización. De especial importancia sería la medida horizontal de "gestión de recursos hídricos", en lo que se refiere a las acciones de mejora y consolidación de los regadíos para facilitar el ahorro de agua, actuando sobre las estructuras hidráulicas y las redes de conducción. De hecho, en estas zonas casi todas las acciones previstas dentro de esta medida podrían ser aplicadas previa la correspondiente declaración de "interés general" de la zona y su inclusión en el Plan Nacional de Regadíos.

### **Tipo II: Zonas condicionadas por procesos de rururbanización**

En este tipo de comarcas -de las que Guadalmellato en Córdoba representa un buen ejemplo-, las posibilidades de desarrollo económico se ven limitadas por factores que trascienden el ámbito del regadío y entran en el ámbito de la ordenación del territorio. Son zonas que, por estar próximas a grandes ciudades, se ven afectadas por factores relacionados con la expansión urbanística, respondiendo a un fenómeno típico de "rururbanización" y provocando la reducción de la superficie regable. Dentro de este fenómeno resulta especialmente grave la adquisición por la población de antiguas parcelas agrícolas para, sin ningún tipo de planificación, construir viviendas dispersas dentro de la zona regable, que quedan intercaladas de forma anárquica entre las explotaciones y que conllevan destrucción de acequias y problemas de carácter medioambiental por la construcción de pozos ciegos. La competencia es más por el territorio que por los recursos hídricos, generando problemas de difícil solución para estas zonas regables, al haber cada vez menos regantes y aumentar los costes de mantenimiento de las redes de distribución. Aunque los factores relacionados con los procesos urbanísticos antes mencionados parecen ser los que más limitan las posibilidades de desarrollo de estas zonas, también suele añadirse otro factor, relacionado con el deficiente aprovechamiento de las aguas disponibles y con el deterioro de sus actuales sistemas de riego. El mal estado de las conducciones (a lo que contribuye la expansión urbanística descontrolada, pero también la antigüedad de las instalaciones, sobre todo de las redes secundarias y terciarias) ocasiona grandes pérdidas de agua y, en ocasiones, problemas de abastecimiento a regantes situados en determinadas áreas de la correspondiente zona regable.

Para este tipo de zonas parece adecuado combinar las acciones previstas en los tres Ejes del Reglamento de Desarrollo Rural, de modo que permitan implicar en el futuro de la zona regable a agricultores y otros grupos de usuarios del agua. En concreto, resulta pertinente que en estas zonas se aplique la medida horizontal del Eje 1 sobre "gestión de recursos hídricos", para promover la mejora de los regadíos en aquellas áreas donde el grado de deterioro de las redes de conducción así lo aconsejen. Respecto a las medidas del Eje 2, sería muy oportuna la dedicada a la "gestión sostenible de las explotaciones agrarias", ya que en ella se contemplan las ayudas del programa agroambiental, que podrían ser apropiadas para impulsar la mejora del medio ambiente y valorar las implicaciones territoriales de la actividad agraria. Igualmente, este tipo de zonas se perfilan como áreas de potencial aplicación del Eje 3 sobre "diversificación de la economía rural", con actuaciones dirigidas a la diversificación de actividades, fomentando actividades turísticas y de ocio que atrajeran a la población no agrícola de la zona. Son áreas apropiadas para actuar en ellas mediante la fórmula de los contratos territoriales, tanto al nivel de explotación (según establece el PNDR), como al de toda la zona regable (tal como contempla la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural).

### **Tipo III: Zonas afectadas por la competencia por el agua entre grupos de usuarios**

La situación de este tipo de comarcas -de las que Guadalhorce en las cercanías de Málaga es un buen ejemplo- es el resultado de la influencia de grandes áreas metropolitanas e industriales que compiten con los agricultores no por el territorio, sino por la utilización de los recursos hídricos de la zona regable, convirtiendo el agua en un factor limitante y en objeto de disputa. Son zonas que presentan deficiencias técnicas por haberse visto desbordada la capacidad de los embalses al aumentar la demanda de la población residente en el área metropolitana circundante o del sector industrial y de servicios. Todo ello conduce a que los regantes tengan problemas de disponibilidad de agua en épocas de escasez, al ser entonces prioritario el abastecimiento a la ciudad o área metropolitana cercana, provocando como consecuencia no deseada la búsqueda de formas alternativas -y en muchos casos ilegales o incontroladas- de abastecimiento (pozos para aguas subterráneas). Todo ello tiene graves implicaciones sobre el territorio, pues genera un continuo deterioro de las canalizaciones y una deficiente calidad del agua disponible para el riego, dificultando a los agricultores la introducción de sistemas de riego más modernos. En estas zonas se plantea la necesidad de alcanzar acuerdos entre los regantes y los demás grupos de usuarios para una mejor utilización de los recursos hídricos. En este sentido, la cesión, por parte de los agricultores, del agua de los embalses de la zona para

usos no agrícolas, a cambio de reutilizar en el regadío el agua residual (debidamente depurada) procedente de las áreas urbanas, podría ser una buena fórmula de cooperación. Ello exigiría una especie de plan estratégico en el que estuvieran presentes todos los actores existentes en la comarca (sindicatos, comunidades de regantes, administración local, cooperativas, asociaciones de empresarios industriales y de servicios,...), de modo que se pudiera actuar de forma integral para un uso compartido de los recursos hídricos disponibles. Sería un buen ejemplo de cooperación para transformar un conflicto "suma cero" en otro de "suma positiva".

Las medidas del Eje 1 del Reglamento FEADER relacionadas con la "gestión de recursos hídricos" serían apropiadas para mejorar las canalizaciones deterioradas, así como para mejorar los sistemas de drenaje e instalar nuevos sistemas de bombeo, transporte y distribución de agua. Al mismo tiempo, las acciones destinadas a mejorar la competitividad de las explotaciones y promover la integración de las producciones agrícolas en denominaciones de calidad, serían muy oportunas, dada la cercanía de grandes centros de consumo vinculados al área metropolitana circundante. En esta misma línea, acciones del Eje 2, como la promoción de la agricultura ecológica, podría encontrar un nicho interesante de mercado en los grupos de consumidores de mayor capacidad adquisitiva. Finalmente, según lo previsto en el Eje 3, la diversificación de actividades en la zona regable, complementando la actividad agraria con otras relacionadas con el turismo rural y los deportes de naturaleza, podría ser también una forma idónea de asociar a los regantes con nuevos grupos de usuarios del espacio rural. Al igual que en las zonas anteriores, la fórmula de los contratos territoriales, tanto a nivel de las explotaciones agrarias (como prevé el MNR para la aplicación de los Ejes 2 y 3), como a nivel de toda la zona regable (tal como se contempla en la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural), podría ser interesante para poner en marcha las distintas medidas de desarrollo rural en estas áreas.

#### **Tipo IV: Zonas con limitaciones para aprovechar los recursos hídricos disponibles**

Es cada vez más frecuente encontrar zonas regables -Guadalestín, en Jaén, es una clara muestra de ello- en las que su población vive en una especie de microcosmos donde se ha logrado un cierto equilibrio entre las rentas producidas por la agricultura (generalmente, un monocultivo) y los ingresos procedentes de los subsidios sociales en sus diversas modalidades (principalmente, las pensiones de jubilación, las ayudas asistenciales no contributivas y el subsidio agrario). Si a ello se le une la circunstancia de disponer en abundancia de un recurso, tanpreciado y en otros lugares tan escaso, como es el agua,

se plantea un dilema de diferente naturaleza al de las comarcas antes analizadas. En este tipo de zonas, el dilema que se plantea es si tiene o no sentido realizar inversiones públicas para la modernización o mejora de las infraestructuras de riego, cuando, dadas las características socioeconómicas y estructurales de estas zonas (microparcelación, población envejecida, sistemas de cultivo tradicionales, zonas mal comunicadas), es poco probable que tal inversión impulse el desarrollo de la comarca.

En un debate así planteado pueden observarse varias posiciones. De un lado, los que piensan que sería mejor no alterar el equilibrio de este tipo de zonas en los términos en que se encuentran ahora y proceder a que el abundante recurso hídrico de que disponen los agricultores pueda ser transferido a otras zonas mediante compensaciones económicas y aprovechando las posibilidades que ofrece la legislación en materia de mercado y bancos de agua (Calatrava Leyva, 2006). De otro lado, los que consideran que estas zonas están en una situación de equilibrio inestable que puede cambiar en el futuro -una reforma del actual sistema de protección agrícola o una reducción de las ayudas del Estado del bienestar-, y que, por tanto, no sería recomendable desprenderse, aunque sea parcialmente y con compensaciones, de un recurso tan preciado como el agua.

Ante esta situación, y sin descartar el aprovechamiento de las posibilidades que abre la legislación sobre bancos de agua, en este tipo de zonas se abre casi todo el abanico de posibilidades de actuación que ofrece el Reglamento de Desarrollo Rural. Por un lado, las contempladas en el Eje 1, sobre "gestión de los recursos hídricos" y que recogen acciones para mejorar la eficiencia del regadío, evitando situaciones de despilfarrado de agua y grandes pérdidas en la red. La jubilación anticipada y la incorporación de jóvenes pueden ser también medidas a sopesar en este tipo de zonas, pues las generaciones más jóvenes podrían introducir una nueva dinámica en los sistemas de cultivo de la zona. Pero también, por otro lado, estos proyectos de mejora de los regadíos debieran ser integrados en proyectos de desarrollo más amplios, que den cabida a actuaciones del Eje 2 (medidas agroambientales y gestión sostenible de las tierras y los espacios agrícolas y forestales) y del Eje 3 (diversificación de actividades económicas en torno al agua en su faceta de ocio y recurso medioambiental, por ejemplo), de tal modo que el conjunto de los grupos sociales lo perciban como elementos que benefician a la comarca y no sólo al colectivo de agricultores, en el marco de los nuevos planteamientos del desarrollo rural, la multifuncionalidad y la diversificación de actividades.

## 4. Conclusiones

El debate público en torno a la utilización de los recursos hídricos con fines agrícolas ha cambiado profundamente en España, contribuyendo a ello la reforma de la PAC, la aplicación de la Directiva Marco del Agua, la implicación de los departamentos de Medio Ambiente en lo que antes era asunto exclusivo de los ministerios de Agricultura y Obras Públicas, la descentralización político-administrativa a las CC.AA. y la creciente competencia entre usuarios por un recurso como el agua percibido hoy en situación crónica de escasez. Todo ello ha hecho que se pase de una concepción sectorial y productivista en la gestión de los recursos hídricos, a otra territorial y de sostenibilidad, cuya principal consecuencia es el avance de una nueva forma de orientar las políticas públicas en esta materia, menos centrada en asegurar el aumento de la oferta de agua y más preocupada en racionalizar y controlar su demanda por los distintos tipos de usuarios.

La integración de las competencias ambientales y agrarias en el macroministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, creado por el presidente Zapatero, supone, no obstante, un giro importante en el modo de gestionar los temas relacionados con el medio ambiente "verde" (espacios naturales, agua...), al volver de nuevo a una gestión en la que la lógica agraria y la lógica ambiental se integran en un mismo área ministerial. Es evidente que este giro afecta a la articulación administrativa de las competencias sobre agua, que pasan a integrarse en una Secretaría de Estado (llamada precisamente de Medio Rural y Agua), y dentro de ella bajo la responsabilidad de una Dirección General del Agua (con competencias en asuntos de planificación y uso sostenible del agua, infraestructura y tecnología hidráulica, regadíos y economía del agua, y gestión integrada del dominio público hidráulico). Situar ahora las competencias sobre agua más en la órbita agraria que ambiental (al revés de lo que ocurría en la estructura del anterior ministerio de Medio Ambiente), constituye un importante giro en el modo de concebir la gestión de estos recursos tan importantes para nuestro país, cambio cuyos resultados todavía es demasiado pronto valorarlos.

En ese contexto de cambios se plantea el debate sobre las relaciones entre regadíos agrícolas, territorio y desarrollo rural, un debate que ha de partir del reconocimiento de la heterogeneidad del regadío en España. Tal diversidad permite encontrar zonas modernas y competitivas -abiertas a los mercados y en condiciones de aprovechar las acciones previstas en el primer pilar de la PAC-, junto a otras con deficiencias estructurales o de otro tipo, que tendrán que desenvolverse en el marco de las nuevas políticas de desarrollo

rural (segundo pilar de la PAC). Nuestro trabajo se ha centrado en este último conjunto de zonas, presentando, a modo de tipos ideales, cuatro situaciones que responden a problemáticas distintas y que pueden ser representativas de la realidad en que se encuentra una gran parte de las zonas regables españolas. En cada tipo de zona, se han explorado las posibilidades que ofrece el nuevo Reglamento de Desarrollo Rural (FEADER) para impulsar una gestión sostenible de los recursos hídricos y una mejor valoración de las implicaciones del regadío sobre el territorio circundante. En este sentido se han analizado las acciones previstas en los distintos Ejes del citado Reglamento y hemos reflexionado sobre la necesidad de que algunas de ellas sean aplicadas en el marco de contratos territoriales, bien al nivel de las explotaciones agrarias o bien al nivel de cada zona regable, ya que es el único modo de avanzar en una concepción integral de las relaciones entre agricultura, regadío, territorio y desarrollo rural.

A pesar del giro producido a nivel del gobierno central con la creación del nuevo ministerio, el contexto social y político parece favorable para este tipo de planteamientos, puesto que el nuevo escenario propiciado por la reforma de la PAC, la Directiva Marco del Agua y el principio de la multifuncionalidad de la agricultura, así los contempla. Sin embargo, la práctica de la acción política en esta materia genera una fuerte oposición por parte de determinados grupos de intereses (fundamentalmente, los agricultores de regadío) temerosos de que la nueva cultura del agua limite las posibilidades de desarrollo en muchas zonas para las que el regadío es fuente de riqueza.

Por ello, resulta necesario, como señala Moyano (2006), propiciar un pacto social por el agua que pueda construirse a partir de un sólido partenariado sobre la gestión sostenible de los recursos hídricos en las zonas rurales. Ese pacto por el agua es hoy más factible que antes, pues la reforma del primer pilar de la PAC -con el desacoplamiento de las ayudas y la aplicación del principio de ecocondicionalidad-, así como la potenciación de su segundo pilar -financiando a través del FEADER acciones estructurales en la dirección de aprovechar con mayor eficiencia los recursos naturales, entre los cuales el agua se erige en un recurso fundamental- inducen a apostar por producciones sanas y de calidad, y a aprovechar más eficientemente los recursos naturales -entendiendo por eficiencia la utilización sostenible de dichos recursos-, lo que ha de acercar inevitablemente a los agricultores a la nueva cultura del agua. Ese pacto social por el agua ha de trasladarse de forma efectiva en el nivel local de cada área regable, donde los agricultores y sus organizaciones deben participar como protagonistas que son, juntos a otros grupos, del desarrollo de muchas zonas rurales, pero deben huir de las posiciones corporativistas de

añaño. "Sus posiciones deben estar basadas en el sentido común, la sensatez y la cooperación. Sólo así podrán los agricultores recuperar la legitimidad necesaria para que la sociedad continúe apoyando a un sector y a una profesión cargada de futuro si es capaz de responder a los retos de hoy" (Moyano, 2006).

## Referencias bibliográficas

- Aguilera Klink, F. (2001). "Economía del agua: algunas cuestiones ignoradas mucho antes del nuevo milenio". En L. Robot, J. Baldeón y R. Villares (Eds.): Año 1000, Año 2000. *Dos milenios en la historia de España*. España Nuevo Milenio, Madrid.
- Calatrava Leyva, J. (2006). "Mercados y bancos de agua en España: legislación y experiencias recientes". En Fundación de Estudios Rurales (Ed.): *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 99-106.
- Calvo, F. (2001). "Efectos sociales y económicos de las sequías en España". En Morales, A. y Gil Olcina, A. (Eds.): *Causas y consecuencias de las sequías en España*. Universidad de Alicante, Alicante: 373-389.
- Comisión de las Comunidades Europeas (2004). *Propuesta de Reglamento del Consejo relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER)*. Bruselas, COM (2004) 490 final.
- Del Moral Ituarte, L. (2006). "La Directiva Marco del Agua y la nueva política agraria". En Fundación de Estudios Rurales (Ed.): *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 44-51.
- Drain, M. (2005). "Les transferts d'eau en Espagne". En F. Lasserre (Ed.): *Transferts massifs d'eau. Outils de développement ou instruments de pouvoir?*. Press Universitaires du Quebec, Montreal.
- François, M. (2006). "La pénurie d'eau en Espagne: un déficit physique ou socioéconomique?". *Geocarrefour*, 81(1): 25-36.

- Garrido Fernández, F.E. (2006). "Regadíos y zonas regables en un contexto de cambio". En Fundación de Estudios Rurales (Ed.): *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 76-84.
- Garrido Fernández, F.E. y Moyano Estrada, E. (1998). *Estudio socioeconómico de cuatro zonas regables de Andalucía: Guadalcaín, Guadalhorce, Guadalmellato y Guadalentín*. IESA-CSIC, Córdoba.
- Gómez-Limón, J.A.; Moyano, E.; Vera-Toscano, E. y Garrido-Fernández, F.E. (2007). "Actitudes y percepciones sociales sobre la multifuncionalidad agraria: el caso de Andalucía". *Revista de Estudios Regionales*, 80: 71-101.
- IESA (2006 y 2007). *Resultados del Agrobárometro de Andalucía*. IESA-CSIC, Córdoba.
- IESA (2001-2008). *Resultados del Ecobarómetro de Andalucía*. IESA-CSIC, Córdoba.
- Laserre, F. (ed.) (2005). *Transferts massifs d'eau. Outils de développement ou instruments de pouvoir?*. Press Universitaires du Quebec, Montreal.
- Losada, A. (2006). "Una encrucijada de cambios ante el regadío en España". En Fundación de Estudios Rurales (Ed.): *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 92-97.
- Madrid Rojo, Javier (2006). "Discursos y políticas sobre el agua y la agricultura". En Fundación de Estudios Rurales (Ed.): *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 53-61.
- Martínez Fernández, J. y M.A. Esteve Selma (2006). "Agua y sostenibilidad en zonas áridas: algunas claves para el debate". En Fundación de Estudios Rurales (Ed.): *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 144-149.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2007a). *Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural (2007-2013)*. Servicio de Publicaciones del MAPA, Madrid.

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2007b). *Marco Nacional de Desarrollo Rural (2007-2013)*. Servicio de Publicaciones del MAPA, Madrid.
- Morales, A.; Oliciña, J. y Rico, A. (1999). "Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intento de corrección". *Revista de Investigaciones de Geografía*, 22: 1-46.
- Moyano Estrada, E. (2005). "Nuevas orientaciones de la política europea de desarrollo rural". *Revista de Fomento Social*, 60 (240): 219-243.
- Moyano Estrada, E. (2006). "Agricultura y nueva cultura del agua". En *XII Informe socioeconómico de la Agricultura en España*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 21-29.
- Moyano Estrada, E. y F. Garrido Fernández (2007). "A propósito de la multifuncionalidad". En Gómez Limón, J.A. y Barreiro, J. (Eds.): *Multifuncionalidad y agricultura*. Eumedia, Madrid: 59-78.
- Moyano Estrada, E. y F. Garrido Fernández (2008). "Regadíos agrícolas, territorio y desarrollo rural". *Arbor*, 184(729): 71-85.
- Velasco Arranz, A. y E. Moyano Estrada (2007). "Agricultura, territorio y multifuncionalidad. La experiencia francesa de los Contratos Territoriales de Explotación". *Revista de Fomento Social*, 62(247): 363-392.
- Vera-Toscano, E.; Gómez-Limón, J.A.; Moyano, E. y Garrido, F. (2007). "Individuals' opinion on agricultural multifunctionality". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3): 271-284.

# V. Regadío y Medioambiente

## La economía del agua de riego en España

- 407 Regadío y ecología
- 429 Política agroambiental: contaminación de agua y degradación
- 453 Los instrumentos para la gestión de la cantidad y la calidad del agua: revisión crítica
- 471 Una década de economía y política del agua en la agricultura



# Regadío y ecología: exigencias medio ambientales

*Juan José Oñate*

## 1. Introducción

El regadío suele ser considerado desde la agronomía como el exponente de la máxima productividad técnica y económica que puede alcanzar cualquier sistema agrícola mediterráneo. Esta es la base sobre la que se ha construido tradicionalmente su papel para la vertebración social del medio rural y ha sido promocionada su expansión como una actividad calificada de *interés general* hasta los actuales 3,5 millones de hectáreas que ocupa en España. A pesar de la obligatoriedad de integrar las consideraciones ambientales en la evaluación ambiental de proyectos instaurada desde los años 80, los efectos socioeconómicos del regadío han sido tradicionalmente sobre-ponderados a costa de la objetiva consideración y valoración de sus impactos sobre el medio biofísico.

Y es que desde la perspectiva ambiental, el regadío es una de las actividades que más impactos negativos genera, tanto por las acciones asociadas a su implantación, como por las ligadas a su funcionamiento. El rango de estos impactos está especialmente bien documentado en España, cuyos diversos sistemas agroambientales, asentados en un entorno biofísico de gran complejidad, pero de enorme fragilidad, han sufrido la espectacular dinámica de su implantación en todos sus componentes fundamentales: agua, suelo, especies silvestres, hábitat y paisajes. Pese a que la más reciente planificación pública del regadío integra, al menos formalmente, estos aspectos, la expansión e intensificación del regadío público/privado continúan en la misma senda de relativa impunidad ambiental que antaño, con casos como los regadíos de La Mancha occidental, la cuenca del Segura, el campo de Dalías o el entorno de Doñana, convertidos en paradigmas de insostenibilidad.

En definitiva, creemos que la caracterización generalizada de la actividad de regadío como de *interés general* debe revisarse en profundidad, en el marco de su ineludible reestructuración y, por tanto, aplicándose con una aproximación mucho más selectiva. Sólo una planificación estratégica del regadío que incorpore, sin excepción, todas las disposiciones de la legislación ambiental vigente, clarificará su contribución equilibrada a un desarrollo rural realmente sostenible, desde su triple dimensión ambiental, social y económica.

En este capítulo evidenciaremos los principales impactos ambientales del regadío en España y mencionaremos algunas medidas imprescindibles para su mejor integración ambiental. La actual ubicación en el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM) de las competencias básicas relacionadas (agricultura, agua, biodiversidad, desarrollo rural y evaluación ambiental) debería facilitar esta tarea, plenamente consistente con los requisitos europeos para una agricultura sostenible y multifuncional.

## 2. Impactos ambientales del regadío

Desde una perspectiva ecológica el regadío puede ser considerado como el exponente de la máxima perturbación a que puede someterse un sistema agroambiental preexistente: muy productivo en términos de tasa de renovación y extracción de biomasa, pero totalmente dependiente de la aplicación masiva y continuada de insumos externos: energía, fertilizantes, fitosanitarios y, evidentemente, agua (Bernáldez, 1991). Una primera consecuencia de esta circunstancia es la inestabilidad intrínseca que presenta el regadío como sistema, subordinado al suministro masivo y continuo de los *input* requeridos<sup>1</sup>. Como segunda derivada, el regadío se configura como el sistema agrícola más impactante en términos ambientales, tanto por las acciones que comporta la transformación de la zona regable, como por aquellas ligadas al funcionamiento del nuevo sistema.

Evidentemente la significación de los impactos se verá matizada por el tamaño y características de la superficie afectada y no será la misma para todos los proyectos. Por ejemplo, las zonas de actuación incluidas en el Plan Nacional del Regadíos-Horizonte 2008 (PNR) abarcan extensiones variables, desde unas pocas centenas de hectáreas en

---

<sup>1</sup> Algunos como el agua son especialmente limitantes, tanto por la competencia que se establece por el recurso con otros usos realmente prioritarios (abastecimientos urbanos o caudales ecológicos), como por las sombrías previsiones que sobre su disponibilidad arroja el cambio climático (p.e. Rodríguez-Díaz *et al.*, 2007).

el caso de los regadíos sociales, hasta *macroproyectos* próximos a las 50.000 ha<sup>2</sup>. Pero dada la naturaleza *regional* de muchos de los recursos afectados (agua, biodiversidad, paisaje) deben esperarse también importantes sinergias negativas a partir de los impactos de todos los proyectos individuales en una determinada región o cuenca hidrográfica (Oñate *et al.*, 2001). Así, aunque los efectos del regadío partan de las acciones de proyectos locales, el análisis de su significación deberá considerar también la escala regional en que se manifiestan las sinergias.

El rango de acciones implicadas en la implantación y funcionamiento del regadío, más allá de simples operaciones de hidráulica agrícola, puede ser variadísimo (Cuadro 1), siendo no sólo cada una de ellas potencialmente impactante de modo significativo, sino también agregadamente por efectos acumulados sobre los factores ambientales (Oñate *et al.*, 2001). Esto es extensible a muchos proyectos de mejora o modernización, que si bien pueden incorporar grados de actuación más limitados, como la simple reposición de infraestructuras existentes, en otros casos pueden llegar a una transformación completa, con cambios en la estructura parcelaria y en el sistema de riego, lo cual en la práctica equivaldría a una zona de nueva creación (Horta, 1998).

A partir de esta variedad de acciones puede deducirse que los impactos más comunes del regadío están relacionados sustancialmente con los principales problemas ambientales que son objeto de preocupación en España hoy día: contaminación, salinización y sobreexplotación de aguas superficiales y subterráneas, contaminación y erosión de suelos, pérdida de biodiversidad por fragmentación, transformación o destrucción del hábitat, pérdida de calidad del paisaje, producción de residuos, consumo energético e intensificación del cambio climático.

Ciertamente, cabría distinguir entre impactos intrínsecos del regadío, por ejemplo los derivados de la inherente transformación directa del hábitat que comporta su implantación, e impactos ligados a su inadecuada gestión, por ejemplo los correspondientes con los problemas evidentes de sobre-explotación, salinización y contaminación de aguas. Pero esta distinción, si bien formalmente muy correcta, no es muy útil en la práctica, dada la frecuencia con que ambos tipos de impactos se concatenan, como consecuencia de la implantación del regadío en zonas cuya "capacidad de acogida" (Ramos, 1979) era

---

<sup>2</sup> La previsión oficial totalizó nada menos que 245.000 ha. de nuevos regadíos en toda España entre 2002 y 2008, a las que habría que sumar las transformaciones privadas alegales que nunca se han contabilizado.

**Cuadro 1. Elementos y actuaciones del regadío potencialmente impactantes**

FASE	TRANSFORMACIÓN		EXPLOTACIÓN
	INFRAESTRUCTURA BÁSICA COMÚN	OBRAS PRIVADAS	INFRAESTRUCTURAS Y FUNCIONAMIENTO
<b>OBRAS HIDRÁULICAS Y RED DE RIEGO</b>	Embalses, Microembalses, Estaciones de bombeo, Pozos, Tuberías, Balsas, Acequias	Acometida y red de riego, Red de drenaje, Desagües, Acequias de último orden	Embalses, Microembalses, Estaciones de Bombeo, Pozos, Tuberías, Balsas, Acequias, Red de drenaje
<b>RED ELÉCTRICA</b>	Tendido eléctrico, Subestaciones eléctricas	Acometidas electricidad	Tendido eléctrico, Subestación eléctrica
<b>PRÉSTAMOS, VERTEDEROS Y RESIDUOS</b>	Canteras, Vertederos	Vertidos	Vertidos, Deshechos no biodegradables
<b>RED DE CAMINOS PEQUEÑAS INFRAESTRUCTURAS</b>	Caminos rurales (nuevos y mejora) Parques de maquinaria	Caminos secundarios Edificaciones agrarias, Vallados	Caminos Edificaciones agrarias, Vallados
<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>	Descuaje y Desbroce de vegetación, Movimiento de tierras, Drenaje y canalización de arroyos	Descuaje, Desbroce, Roturación, Aterrazado, Creación de caballones	Instalación de invernaderos, Laboreo
<b>OPERACIONES AGRÍCOLAS</b>	-	-	Cambio de cultivos, Riego, Aporte de fertilizantes, Tratamientos fitosanitarios, Recolección de cosecha, Transporte agrícola, Formación del agricultor
<b>ACTIVIDADES INDUCIDAS Y ANEXAS</b>	-	-	Comercio agrícola, Servicios, Industria agroalimentaria, Ganadería

Fuente: Elaboración propia.

demostrablemente reducida o nula para esta actividad. Esta circunstancia no puede resultar extraña, habida cuenta de la ya señalada fragilidad que caracteriza a los sistemas bioclimáticamente semiáridos en los que suele asentarse el regadío, donde los suelos vulnerables a la salinización son más frecuentes que raros y la disponibilidad hídrica es un factor ecológicamente limitante de primer orden.

Aportamos a continuación una selección de evidencias científicas acerca de algunos de estos impactos, que, recordemos, frecuentemente funcionan de manera acumulada y sinérgica sobre un ámbito más amplio que aquél en el que estrictamente se desarrolla el proyecto:

- Transformación directa del hábitat. La radical modificación del hábitat que induce la expansión del regadío tiene gravísimos efectos deletéreos sobre las aves pseudo-esteparias. El estudio precursor de Díaz *et al.*, (1993) ya demostró la sustitución que experimentaban este tipo de especies por otras de carácter más antropófilo, como gorriones y estorninos, a lo largo de un gradiente seco extensivo-secano intensivo-regadío en Castilla y León. Más recientemente, Brotons *et al.*, (2004) han utilizado modelos de adecuación de hábitat en la Plana de Lleida para estimar importantes contracciones en el área de distribución de las especies examinadas, tras la transformación a regadío de un 50% del seco pre-existente. Son por otra parte numerosas las evidencias acerca de la negativa asociación entre el regadío y la presencia y abundancia de estas especies (véanse las revisiones de Suárez *et al.*, 1997 y Suárez, 2004). Hay que tener en cuenta, además, la concurrencia de efectos con los de la intensificación agraria en el seco sobre las mismas especies, muchas de ellas calificadas de interés prioritario y la mayoría con poblaciones en alarmante declive en las últimas décadas (de Juana, 2004). En este sentido se ven doblemente afectados *sistemas agrarios de alto valor natural*, cuyo interés, extensión territorial y fragilidad dentro y fuera de la Red Natura 2000 son remarcables (Oñate, 2007). Son importantes también, en otro orden, los impactos sobre los ecosistemas fluviales, tanto *in situ* por alteraciones directas (desbroces, canalización, alteración del régimen hídrico), como de modo diferido en las zonas donde se construyen embalses y azudes para abastecer a los nuevos regadíos (López-Moreno *et al.*, 2008).
- Además de evidencias sobre impactos, la Ecología aporta ejemplos de elementos sobre los que se podría actuar para mejorar, dentro de las limitaciones, la calidad del hábitat de regadío para la biodiversidad (p.e., Sánchez-Zapata *et al.*, 2005; Ursúa *et al.*, 2005; Moreno *et al.*, 2007).
- Sobre-explotación de aguas. Aunque no todos los déficits hídricos deban ser imputables a la agricultura, nadie duda del dominante papel del regadío en este fenómeno. Según datos oficiales, existen más de 400.000 ha de regadío ubicadas sobre unidades hidrogeológicas sobre-explotadas, de las cuales más de 125.000 deberían ser abandonadas para alcanzar el equilibrio de los acuíferos afectados (MAPA, 2002). También es frecuente la explotación abusiva de aguas superficiales, lo cual agrava los problemas de contaminación que éstas sufren (Moreno *et al.*, 2006). La sobre-explotación de aguas se produce fundamentalmente en el litoral sureste, el

entorno de Doñana, la llanura manchega y en los arenales de la cuenca del Duero y, aunque la gravedad de los efectos es variable entre estas zonas, la destrucción de los humedales asociados a los niveles freáticos es el impacto ecológico más relevante (Bernáldez *et al.*, 1993). La desgraciada persistencia de casos como los del alto Guadiana (López Sanz, 1998) y los alrededores de Doñana (Susó y Llamas 1993), plantea serias dudas acerca de la recuperabilidad de los impactos.

- Salinización. De los 35.000 km<sup>2</sup> actualmente transformados en regadío y en uso, un 3% aproximadamente presentan un grado de salinización severo que restringe fuertemente su utilización económica, y un 15% presenta riesgo creciente de salinización que empieza a ser limitativo para la producción de los tipos de cultivo más sensibles a este fenómeno (MARM, 2008). El fenómeno se concentra con especial gravedad en el valle del Ebro (Herrero y Snyder, 1997), donde el vertido de los flujos de retorno de riego cargados de sales genera problemas de salinización adicionales en los sistemas fluviales receptores (Casaupé *et al.*, 2003). Pero también es frecuente en zonas litorales, como consecuencia del riego con aguas subterráneas de alto contenido salino debido a fenómenos de intrusión marina, a su vez, facilitados por la sobre-explotación de los acuíferos costeros (Pérez-Sirvent *et al.*, 2003).
- Contaminación de aguas. Los problemas de contaminación difusa por plaguicidas, herbicidas y fundamentalmente fertilizantes, son comunes en la agricultura de regadío y hace tiempo que se reconoció que la mejora en la eficiencia del riego no basta para preservar el medio ambiente de sus efectos (Zekri, 1990). Los impactos sobre las aguas subterráneas se deben principalmente a la presencia de nitratos, con más de 600.000 ha de regadío ubicadas en zonas vulnerables a la contaminación (MAPA, 2002), y, en el caso de los acuíferos costeros, también de cloruros (López-Geta y López Vera, 2006), hasta el punto de haberse considerado su consumo un riesgo para la salud pública (Vázquez *et al.*, 2005). Pero los impactos ecológicos más evidentes son sobre los sistemas superficiales, tanto ríos (Moreno *et al.*, 2006) como humedales (Valero *et al.*, 2000) y lagunas costeras. Uno de los casos mejor estudiados al respecto es el de la Manga del Mar Menor en Murcia, donde se han constatado severos impactos sobre la vegetación acuática (Lloret *et al.*, 2005) y, a través de toda la cadena trófica, las aves (Martínez *et al.*, 2005).

### 3. Regadíos de alto valor ambiental

No son infrecuentes en el sector las referencias a presuntos efectos ambientales positivos del regadío, entre los cuales el más recurrente en los últimos tiempos es su papel en relación con la *lucha* contra el cambio climático. Pero en nuestro conocimiento sólo existen dos tipos de sistemas que se han mostrado tradicionalmente compatibles e incluso favorecedores de valores ecológicos singulares: el arrozal litoral y la huerta tradicional. Revisaremos primeramente las características y situación de estos dos sistemas, para tratar después el estado de la cuestión en lo que se refiere al papel del regadío frente a la amenaza del cambio climático.

Los arrozales del litoral levantino, creados a partir de la transformación de humedales (marismas, marjales, riberas, deltas y albuferas) para su aprovechamiento agrícola, constituyen un importante soporte para notables poblaciones de aves acuáticas durante la reproducción, invernada o migración. Ello se produce gracias al mantenimiento de la productividad de las redes tróficas de los humedales originarios, en un agro-ecosistema cuyas características estructurales (red de canales, bordes, alomados y caballones entre parcelas) y funcionales (fluctuaciones de la lámina de agua inducidas por el aprovechamiento agrario) emulan las de aquellos hábitat. No obstante, aunque las aves mantienen su presencia temporal o permanente, viene detectándose un empobrecimiento en riqueza y abundancia de las comunidades ecológicas asociadas a estos arrozales. Los macrófitos y las formaciones palustres emergentes, junto a crustáceos, peces y anfibios, son algunos de los grupos más afectados por el uso intensivo de fitosanitarios y maquinaria, rotaciones a cultivos hortícolas, desecación completa de las cubetas y aplicación intensa de herbicidas durante los meses de otoño e invierno (véanse referencias en Fasola y Ruiz, 1997).

El papel ecológico de los arrozales levantinos no puede extenderse hoy día a los de las marismas del Guadalquivir, insertos en la problemática espacialmente más amplia y socio-ecológicamente mucho más compleja y grave que rodea al entorno del Parque Nacional de Doñana (Oñate *et al.*, 2003). Especialmente en la última década, estos arrozales participan de la espectacular expansión por toda la zona de regadíos intensivos cuasi-industriales (fresón, olivar, frutales, cítricos, etc.), que se ha producido a costa de la marisma natural y los agrosistemas extensivos circundantes, así como de los sobre-explotados recursos hídricos del acuífero de Doñana, frecuentemente de modo ilegal (Custodio *et al.*, 2006).

Tampoco el valor ecológico de los arrozales continentales puede ser calificado de relevante, sobre todo el de los más recientes, cuya implantación como cultivo alternativo en terrenos a menudo salinos, desplazó a los secanos extensivos y superficies de pastos de alto valor natural preexistentes. La drástica transformación del medio que suponen estos regadíos y su intensiva gestión, junto a su ubicación interior, limitan la riqueza de sus biocenosis (véase no obstante Sánchez *et al.*, 1999).

El segundo tipo de regadío ambientalmente valioso al que queremos referirnos es el representado por las explotaciones familiares características de la huerta tradicional, típicas de la fachada mediterránea pero también de las riberas del interior. Aquí el rango de impactos y su gravedad son más reducidos, en buena medida gracias a su ubicación en zonas de vega en las inmediaciones de los cursos fluviales, con disponibilidad natural de agua, suelo fértil y condiciones topográficas adecuadas. Los modos sostenibles de gestión del agua escasa y de la fertilidad natural de los suelos -que minimiza los aportes de productos de síntesis- convierten a estos sistemas tradicionales en verdaderos oasis siempre verdes en un entorno generalizado de aridez. En cierto modo consiguen suplir el papel de los sistemas riparios originales en sistemas áridos y semiáridos, incluyendo el mantenimiento de la diversidad de especies silvestres. La habitual alta diversidad de variedades de cultivo contribuye al elevado valor ecológico y paisajístico de la huerta tradicional, cuyo mantenimiento sostenible a lo largo de siglos ha quedado reflejado en los valores históricos, culturales y etnográficos que se le han reconocido (Morales, 2001).

Lamentablemente, numerosas huertas tradicionales han desaparecido en años recientes y la pervivencia de estos valores en las que todavía existen es cada día más incierta. Ello se produce como consecuencia del mayor déficit hídrico y contaminación del agua que comporta la expansión de nuevos regadíos en su entorno, así como de la progresiva reducción del número y tamaño de las explotaciones, en creciente competencia con el rapaz proceso urbanizador (p.e., Martínez *et al.*, 2000).

Por último, nos referiremos al papel del regadío frente a la amenaza del cambio climático, y concretamente a su potencial como práctica agraria favorecedora de la captura y secuestro de carbono atmosférico en el suelo. La concentración de este elemento es el reflejo del balance a largo plazo entre los mecanismos que provocan su liberación, fundamentalmente la respiración de las raíces de las plantas, la degradación microbiana de la materia orgánica y la erosión, y aquellos que promueven su captura. El secuestro de carbono se refiere al almacenamiento de este elemento en el suelo en una forma estable

y sólida a partir de la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico, bien de modo directo por medio de reacciones químicas que lo convierten en compuestos inorgánicos de carbono (como carbonatos de calcio o magnesio), o indirecto por medio de su acumulación como carbono orgánico en el suelo a partir de biomasa vegetal (hojarasca y raíces) mediante procesos de descomposición (SSSA, 2001). En 1997, el Protocolo de Kyoto reconoció específicamente a los suelos agrarios en la lista de potenciales sumideros de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GEI), y han sido abundantes los estudios acerca del papel que las prácticas agrarias pueden desempeñar para reforzar este efecto (véanse las revisiones de Lal, 2008 y Smith *et al.*, 2008).

Hay que resaltar que el secuestro de carbono se refiere a su acumulación en el suelo, y no en la biomasa de las plantas cultivadas. La reivindicación de los cultivos en regadío como productores de una externalidad positiva frente a los cultivos en secano, derivada de su más extendida fase vegetativa y mayor tasa de fijación de CO<sub>2</sub> en biomasa (p.e., Gómez-Limón *et al.*, 2007), es enormemente endeble si se considera que la mayor parte del carbono fijado en la biomasa que representa la cosecha está llamado a ser oxidado en los procesos respiratorios de los organismos que la consuman y a ser devuelto, por tanto, a su fase atmosférica en forma de CO<sub>2</sub> transcurrido un corto periodo de tiempo (Sauerbeck, 2001)<sup>3</sup>.

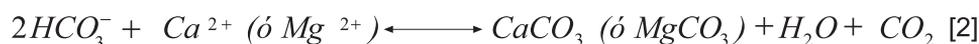
El papel de las prácticas agrarias en general, y del regadío en particular, en el secuestro de carbono en suelos ha sido objeto de un debate científico todavía no resuelto (p.e., Deneff *et al.*, 2008). De un lado se ha postulado que el regadío puede incrementar el stock edáfico de carbono orgánico en mayor medida que el cultivo en secano, dado que la mayor y más prolongada productividad de los cultivos regados termina aportando más materia orgánica al suelo (p.e., Lal *et al.*, 1999). Así y todo, se ha llamado la atención acerca de los *costes ocultos* de carbono del regadío, ligados al mayor consumo de energía y emisión de CO<sub>2</sub> que comporta la producción y/o uso de combustibles primarios, electricidad, fertilizantes, pesticidas, riego, semillas y maquinaria agrícola. Estos costes ocultos contrarrestarían cualquier efecto positivo del regadío en el secuestro de carbono orgánico en el suelo (Schlesinger, 2000)<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Menos aún encaja en este debate científico el pretendido papel protector contra los efectos del calentamiento global de algunos sistemas de regadío como los invernaderos del Campo de Dalías en Almería (véase <http://www.ual.es/~pcampra/index.htm>): Una cosa es constatar un efecto geofísico de atenuación de las temperaturas locales frente a las regionales debido al mayor albedo o reflectancia que presentan las superficies de plástico blanco frente a otras cubiertas del suelo (Campra *et al.*, 2008), y otra pretender que ello podría justificar la adopción del sello Climate Neutral Product para las hortalizas producidas en dichos invernaderos.

El debate presenta una dimensión complementaria referida al secuestro de *carbono inorgánico*. Dado que en regiones áridas y semiáridas la acumulación neta de carbono orgánico en los suelos en regadío es esencialmente difícil, debido a las altas tasas relativas de degradación de la materia orgánica en condiciones de elevadas temperaturas y disponibilidad de agua (Lee *et al.*, 2006), se ha sugerido como posible alternativa el secuestro de carbono en formas inorgánicas, como carbonatos secundarios (véase una revisión en Lal, 2003). Las posturas científicas se enfrentan aquí en torno al papel asignado a la precipitación de carbonatos, con autores que consideran este proceso como secuestro de carbono (p.e., Lal y Kimble, 2000; Emmerich, 2003), mientras que otros defienden que el secuestro de carbono se produce con la disolución de los mismos (p.e., Nordt *et al.*, 2000; Schlesinger, 2000). Dado su interés en el momento actual, intentaremos resumir, aún simplíficadamente, los extremos de este debate.

El incremento de materia orgánica que comporta el regadío es crucial para la formación de carbonatos secundarios, ya que la descomposición de la biomasa y la respiración de las raíces resultan en un incremento de la presión parcial del CO<sub>2</sub> en la edafo-atmósfera. En disolución, este CO<sub>2</sub> forma bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (Ec. [1]), que pueden ser lixiviados a las aguas subterráneas o precipitados como carbonatos de calcio o magnesio (Ec. [2]):



Pero dependiendo de la cantidad y calidad del agua de riego, así como del método de aplicación (inundación, aspersión o riego localizado), el regadío puede, bien disolver carbonatos, lixiviándolos a las aguas subterráneas, o bien hacer precipitar CaCO<sub>3</sub>. El agua obtenida de fuentes subterráneas en regiones semiáridas es frecuentemente rica en Ca<sup>2+</sup> disuelto y carbonatos, lo cual típicamente favorece la precipitación de CaCO<sub>3</sub> (Ec. [2]). En medios semiáridos en los que no se den condiciones para la lixiviación, la formación de

<sup>4</sup> En este sentido, cualquier evaluación comparativa del potencial de secuestro de carbono entre distintas prácticas agrarias debe adoptar un análisis del ciclo completo del carbono (p.e. West y Marland, 2002). Así y todo, no faltan las discrepancias en torno a estos análisis, porque los datos sobre insumos de carbono en la agricultura son inciertos y los insumos son variables en el tiempo y de acuerdo con el lugar y tipo de cultivo.

carbonatos puede o no producir una acumulación neta de CO<sub>2</sub> dependiendo de la fuente de iones Ca (ó Mg) y bicarbonato. En el caso de existir una fuente externa de iones (p.e., el agua de riego), la precipitación de carbonatos puede resultar en una liberación neta de CO<sub>2</sub>. Pero si el bicarbonato procede principalmente de la actividad biótica (Ec. [1]), entonces puede producirse una captación neta de C, incluso aunque se libere CO<sub>2</sub> en la fase de precipitación (Ec. [2]).

Como decíamos, el debate acerca del papel del regadío en el secuestro de carbono permanece abierto. Así y todo, es significativo que las últimas aportaciones científicas en apoyo de esta tesis incluyan la consideración simultánea con la práctica del riego de otras prácticas de conservación de suelos, como el laboreo de conservación o el no laboreo (Entry *et al.*, 2002; 2004). Es igualmente significativo que el último estudio del Departamento de Agricultura Norteamericano sobre el potencial económico del secuestro de carbono en el sector agrario, concluya que éste es significativamente inferior a las cantidades consideradas técnicamente posibles sobre la base de las evaluaciones de la ciencia del suelo (Lewandowski *et al.*, 2004).

En última instancia, y como ya señaló el eminente especialista en ciclos biogeoquímicos W. Schlesinger (1999), los suelos agrarios pueden constituirse en un modesto sumidero de carbono por medio de la aplicación de técnicas de agricultura de conservación (no laboreo, acolchado con residuos de cosecha, mantenimiento de cubiertas vegetales en la rotación, gestión integrada de fertilizantes, etc.) y por medio de la restauración de suelos degradados con vegetación autóctona. Pero no cabe esperar una contribución neta significativa al cumplimiento del protocolo de Kyoto de la aplicación intensiva de fertilizantes y riego.

## 4. Evaluación de impacto ambiental y regadío

A la vista de la anterior reseña parece evidente que la evaluación de impacto ambiental (EIA) no ha conseguido, en general, prevenir los impactos negativos del regadío, independientemente de que estos deriven de una deficiente gestión del mismo o sean intrínsecos a la transformación en regadío de una determinada zona. Ello está relacionado, en parte, con la discrecionalidad con que los proyectos se someten al procedimiento evaluador. Aún hoy, el RDL 1/2008 sólo obliga a la evaluación de los proyectos de transformación que

afecten a más de 100 hectáreas, o bien que afecten a más de 10 hectáreas cuando se ubiquen en zonas ambientalmente sensibles (Red Natura 2000 o humedales Ramsar<sup>5</sup>), dejando a la decisión del órgano ambiental la evaluación de los que afecten a más de 10 hectáreas no incluidos anteriormente, así como de los proyectos de consolidación y mejora de más de 100 hectáreas. Esta discrecionalidad se ve reforzada por la amplia variabilidad con que el regadío es considerado en la legislación de EIA de las CCAA, desde el caso de Navarra, donde todas las modernizaciones y nuevas transformaciones en riego deben someterse al procedimiento de evaluación, sea cual sea su extensión, hasta el de Castilla y León, donde sólo las transformaciones superiores a 300 ha se consideran de cara a su completa evaluación ambiental. Tampoco la calidad de los estudios elaborados ni el diseño y aplicación de los preceptivos programas de vigilancia ambiental parecen enteramente satisfactorios, a tenor de las señaladas carencias e inconsistencias que detalla la revisión<sup>6</sup> que de un buen número de ellos se hace en MAPA (2002).

En otro nivel, ni el PNR de 2002 ni el Plan de Choque de Modernización de 2006 fueron examinados desde la perspectiva de la evaluación ambiental estratégica (Ley 9/2006). Y ello a pesar de carácter acumulado y sinérgico que cabe esperar de los impactos del regadío y de la utilidad y necesidad de una evaluación temprana que desde la fase de planificación integre múltiples dimensiones (Oñate *et al.*, 2001), tal y como constató la evaluación estratégica del Plan de Regadíos de Castilla y León (Hedo y Bina, 1999).

En términos de su capacidad para producir información útil para el control de la situación, la credibilidad que nos merece el Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) del PNR (MAPA, 2002) es escasa, habida cuenta de la nula operatividad de muchos de los indicadores de seguimiento que plantea y de la ausencia de programas de control efectivo, y de medidas correctoras y compensatorias para ser articuladas en caso de superarse umbrales críticos sobre el regadío en funcionamiento. El objetivo de un PVA no es demostrar una pretendida "inocuidad ambiental" de las actuaciones en regadío, sino proporcionar información útil y suficiente para verificar el cumplimiento y efectividad de las medidas correctoras y establecer mecanismos y procedimientos capaces de detectar desviaciones respecto a las previsiones y medidas para reconducirlas.

<sup>5</sup> El Convenio sobre Humedales de Importancia Internacional, firmado en Ramsar, Irán, en 1971, es un tratado intergubernamental marco para la acción nacional e internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos. España aporta 63 humedales (véase <http://www.ramsar.org/indexsp.htm>).

<sup>6</sup> Disponible en <http://www.mapa.es/es/desarrollo/pags/vigilanciaambiental/indice.htm> (tomos III y IV).

## 5.Exigencias ambientales

La gravedad y persistencia de los problemas ambientales reseñados, junto a las sombrías perspectivas sobre la agricultura que dibujan las previsiones del cambio climático (p.e., Iglesias *et al.*, 2000), justifican la adopción de medidas drásticas para reorientar la situación de clara insostenibilidad en que está, en general, el regadío en España. Agruparemos las exigencias ambientales en tres grupos.

### 5.1. Evaluación ambiental del regadío

Dado el limitado papel hasta la fecha que ha jugado la EIA para prevenir los efectos negativos del regadío, consideramos urgente:

- Reforzar las determinaciones legislativas para que todos los planes y proyectos de riego (transformación y modernización) sean sometidos al procedimiento de evaluación ambiental, sea cual sea su extensión, y cumpliendo para todos ellos con el trámite de información pública y no sólo administrativa.
- Elaborar un marco realmente operativo para la evaluación y vigilancia ambiental del regadío a adoptar obligatoriamente por todos los planes y proyectos, sobre la base de un sistema integral de indicadores. Estos deberán estar contrastados científicamente y ser capaces de proporcionar información suficiente para diagnosticar zonas, evaluar impactos y vigilar la efectividad de las medidas para su minimización, incluyendo mecanismos para la revisión y mejora de los proyectos actuales y futuros.
- Hacer obligatorio en todos los proyectos un diagnóstico ambiental previo de la zona afectada, incluyendo recogida de información en campo desde las fases pre-operacionales para construir los indicadores, y que determine adecuadamente los requerimientos para el buen estado de los ecosistemas acuáticos sirviendo como punto de partida para una objetiva evaluación de los impactos previsibles del proyecto.

- Sobre la base de este diagnóstico, incorporar en todo proyecto de transformación o modernización un programa de medidas preventivas, correctoras y compensatorias que aseguren, al menos, el mantenimiento de los valores ambientales del ámbito, y cuya contratación y ejecución se realizarían simultáneamente con el proyecto.
- En definitiva, las administraciones agrarias deben co-responsabilizarse en el seguimiento y control ambiental de todas las actividades de regadío, públicas y privadas, legales, alegales e ilegales.

## 5.2. Regadío y Directiva Marco del Agua (DMA)

La gestión del agua en el regadío es clave para alcanzar los objetivos de la DMA en España. Los *Esquemas de Temas Importantes* que vienen realizando las respectivas Confederaciones Hidrográficas como paso previo a la elaboración de los nuevos planes de gestión de cuenca<sup>7</sup>, ofrecen un diagnóstico generalmente crítico del regadío en relación con la descripción y valoración de los principales problemas actuales y previsibles en cada demarcación. No obstante, la experiencia de los últimos años no invita al optimismo respecto a las posibilidades de que este diagnóstico derive en actuaciones más estrictas en cuanto a exigencias ambientales para este tipo de agricultura. En este sentido es necesario:

- Establecer y hacer cumplir una moratoria sobre nuevos regadíos, subvencionados o no con fondos públicos, hasta que se hayan aprobado los planes hidrológicos de gestión de cuenca. En éstos deberá valorarse de forma realista el agua disponible una vez asegurados los usos prioritarios (abastecimiento a poblaciones y caudales ecológicos), y teniendo en cuenta los efectos previsibles del cambio climático, y deberán fijarse directrices acerca del consumo de agua en el regadío, y cómo la modernización de las zonas regadas va a contribuir al buen estado de los ecosistemas acuáticos.

---

<sup>7</sup> Los Esquemas de Temas Importantes pueden consultarse en las páginas web de las respectivas Confederaciones Hidrográficas.

- Establecer modelos tarifarios y mecanismos de control para todas las zonas regables, en las que la facturación se realice en función del volumen de agua consumido, de modo que, junto a iniciativas para la información y formación de los regantes, se fomente una gestión racional y sostenible del recurso.
- Traducir la mayor eficacia del sistema de riego en las zonas "modernizadas" con recursos públicos en una reducción real del consumo de agua en el conjunto de la zona regable. Para evitar el tradicional aumento de la superficie regada y/o el cambio hacia cultivos con mayores necesidades hídricas tras la modernización, es imprescindible una revisión a la baja de las concesiones individuales de agua en la zona, de acuerdo con lo establecido en el artículo 65 del RDL 1/01, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Todo proyecto de modernización de regadío podrá incluir entonces una evaluación del volumen de agua que realmente se "ahorrará" y una previsión justificada de los fines a los que será destinada.

### **5.3. Nueva planificación del regadío**

El sector no puede seguir eludiendo por más tiempo su responsabilidad en la situación que hemos reseñado, siendo inaplazable un decidido cambio de rumbo hacia su reestructuración. Las resistencias a los cambios necesarios son conocidas y proceden de los grupos de presión opuestos a la modificación de los precios del agua, al control de las extracciones ilegales de aguas subterráneas y al desarrollo en profundidad de la política de desarrollo rural frente a la política agraria tradicional. Teniendo todo esto en cuenta creemos que:

- El nuevo MARM debe asumir como retos corregir la sobre-dimensión del actual regadío e integrarlo en la lógica de las exigencias de la DMA. Es imprescindible para ello un liderazgo político con auténtica visión estratégica que avance en la superación de los conflictos de competencias y déficits de coordinación entre las administraciones implicadas (ministerios/comunidades autónomas y agricultura/aguas/biodiversidad), cómplices por omisión de las notorias situaciones de desgobierno que vive el sector.

- Como producto de una reflexión profunda y abierta a la participación pública, debe elaborarse una planificación del regadío realista, que, asumiendo el principio de unidad de cuenca, se centre en definir la contribución del sector al *interés general* del medio rural, bajo el marco de los objetivos de la UE relativos a la PAC, al desarrollo rural, la conservación de la biodiversidad, la desertificación y la adaptación al cambio climático.
- Las situaciones concretas en que la dimensión social de la sostenibilidad dependa básicamente del regadío deben identificarse y caracterizarse tras un análisis muy selectivo, de modo que puedan priorizarse las inversiones en estas zonas frente al resto de casos que disponen de otras fuentes de dinamismo económico y en las que son más bien los intereses creados y la especulación, y no el *interés general*, los que mueven las demandas de agua.
- En todo caso, la credibilidad del nuevo modelo dependerá del grado con que integre una estimación de recursos realista, medidas disciplinarias para el control de la demanda, un análisis económico riguroso de la recuperación de costes y medidas eficaces para el control, corrección y compensación de los impactos del regadío, incluyendo directrices para la restauración de los humedales y ecosistemas fluviales afectados, la adecuación ambiental de las infraestructuras y la mejora ecológica del secano circundante.
- Debe reforzarse el papel de la condicionalidad sobre las ayudas del pago único y de desarrollo rural que benefician al regadío, de modo que este mecanismo realmente garantice un nivel básico de respeto medioambiental en las zonas regadas.
- La utilización de las medidas agroambientales en el regadío como instrumento compensatorio de pérdidas de renta derivadas del respeto a exigencias emanadas de la legislación ambiental vigente debe ser desterrada, por injusta e insostenible. Sólo así podrá destinarse un mayor volumen de recursos a incentivar la conservación de la biodiversidad ligada a los sistemas extensivos de mayor valor natural, que son un activo fundamental para el desarrollo sostenible del medio rural y cuyos requerimientos están desatendidos como consecuencia de la sobre-concentración de recursos económicos, técnicos y administrativos en la actividad de regadío.

## Referencias bibliográficas

- Bernáldez, F.G. (1991). "Diversidad biológica, gestión de ecosistemas y nuevas políticas agrarias". En Pineda, F.D., Casado, M.A., de Miguel, J.M. y Montalvo, J. (Eds.): *Biological Diversity/Diversidad Biológica*. Fundación Areces-WWF/Adena-SCOPE, Madrid: 23-31.
- Bernáldez, F.G., Rey Benayas, J.M. y Martínez, A. (1993). "Ecological impact typology on wetlands produced by groundwater extraction (Douro River, Spain)". *Journal of Hydrology*, 141:219-238.
- Brotons L., Mañosa, S. y Estrada, J. (2004). "Modelling the effects of irrigation schemes on the distribution of steppe birds in Mediterranean farmland". *Biodiversity and Conservation*, 13: 1039-1058.
- Campra, P., García, M., Canton, Y. y Palacios-Orueta, A. (2008). "Surface temperature cooling trends and negative radiative forcing due to land use change toward greenhouse farming in southeastern Spain". *Journal of Geophysical Research*, 113: D18109, doi:10.1029/2008JD009912.
- Causapé, J., Auqué, L., Gimeno, M<sup>a</sup>, Mandado, J., Quílez, D. y Aragüés, R. (2003). "Irrigation effects on the salinity of the Arba and Riguel Rivers (Spain): present diagnosis and expected evolution using geochemical models". *Environmental Geology*, 45: 703-715.
- Custodio, E., Dolz, J. y Manzano, M. (2006). *Recursos de agua de la Comarca de Doñana*. Fundación Doñana 21, Sevilla.
- De Juana, E. (2004). "Cambios en el estado de conservación de las aves de España, años 1954 a 2004". *Ardeola*, 51: 19-50.
- Deneff, K., Stewart, C.E., Brenner, J. y Paustian, K. (2008). "Does long-term center-pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems?" *Geoderma*, 145: 121-129.
- Díaz, M., Naveso, M.A. y Rebollo, E. (1993). "Respuesta de las comunidades nidificantes de aves a la intensificación agrícola en cultivos cerealistas de la Meseta Norte (Valladolid-Palencia, España)". *Aegyptus*, 11: 1-6.

- Emmerich, W.E. (2003). "Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils". *Agricultural and Forest Meteorology*, 116: 91-102.
- Entry, J.A., Sojka, R.E. y Shewmaker, G.E. (2002). "Management of irrigated agriculture to increase carbon storage in soils". *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1957-1964.
- Entry, J.A., Sojka, R.E. y Shewmaker, G.E. (2004). "Irrigation increases inorganic carbon in agricultural soils". *Environmental Management*, 33: 309-317.
- Fasola, M. y Ruiz, X. (1997). "Rice farming and waterbirds: integrated management in an artificial landscape". En Pain, D.J. y Pienkowski, M.W. (Eds.): *Farming and Birds in Europe*. Academic Press, San Diego: 210-235.
- Gómez-Limón, J.A., Berbel, J. y Gutiérrez, C. (2007) "Multifuncionalidad del regadío: una aproximación empírica". En: Gómez-Limón, J.A. y Barreiro, J. (Eds.) *La multifuncionalidad de la agricultura en España*. Eumedia-Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid: 207-224.
- Hedó, D. y Bina, O. (1999). "Strategic Environmental Assessment of Hydrological and Irrigation Plans in Castilla y Leon, Spain". *Environmental Impact Assessment Review*, 19: 259-273.
- Herrero, J. y Snyder, R.L. (1997). "Aridity and irrigation in Aragon, Spain". *Journal of Arid Environments*, 35: 535-547.
- Horta, M.A. (1998). "Modernización de los regadíos tradicionales: Aspectos ambientales". *Riegos y Drenajes XXI*, 102: 22-27.
- Iglesias, A., Rosenzweig, C. y Pereira, D. (2000). "Agricultural impacts of climate change in Spain: developing tools for a spatial analysis". *Global Environmental Change*, 10: 69-80.
- Lal, R. (2003). "Carbon sequestration in dryland ecosystems". *Environmental Management*, 33: 528-544.
- Lal, R. (2008). "Carbon sequestration". *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 815-830

- Lal, R. y Kimble, J.M. (2000). "Inorganic carbon and global C cycle: Research and development priorities". En: Lal, R., Kimble, J.M., Eswaran, H. y Stewart, B.A. (Eds.): *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*. CRC Press, Boca Raton, FL: 291-302.
- Lal, R., Follett, R.F. Kimble, J. y Cole, C.V. (1999). "Managing U.S. cropland to sequester carbon in soil". *Journal of Soil and Water Conservation*, 59: 374- 381.
- Lee, J., Six, J., King, A.P., van Kessel, C. y Rolston, D.E. (2006). "Tillage and field scale controls on greenhouse gas emissions". *Journal of Environmental Quality*, 35: 714-725.
- Lewandrowski, J., Peters, M., Jones, C., House, R., Sperow, M., Eve, M. y Paustian, K. (2004). *Economics of Sequestering Carbon in the U.S. Agricultural Sector*. U.S. Department of Agriculture, Washington. (Disponible en <http://www.ers.usda.gov/Publications/TB1909/>).
- Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L. y Velasco, J. (2005). "Changes in macrophytes distribution in a hypersaline coastal lagoon associated with the development of intensively irrigated agriculture". *Ocean and Coastal Management*, 48: 828-842.
- López-Geta, J.A. y López Vera, F. (2006). "Estado del conocimiento de las aguas subterráneas en España". *Boletín Geológico y Minero*, 117: 89-114.
- López-Moreno, J.I., Beniston, M. y García-Ruiz, J.M. (2008). "Environmental change and water management in the Pyrenees: Facts and future perspectives for Mediterranean mountains". *Global and Planetary Change*, 61: 300-312.
- López-Sanz, G. (1998). "Humedales y agricultura de regadío: el caso de la cuenca alta del Guadiana". *Agricultura y Sociedad*, 86: 249-271.
- MAPA (2002). *Programa de vigilancia ambiental del PNR- Horizonte 2008*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. (Disponible en [www.mapa.es/es/ desarrollo/pags/vigilanciaambiental/index.htm](http://www.mapa.es/es/ desarrollo/pags/vigilanciaambiental/index.htm)).
- MARM (2008). *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid. (Disponible en [http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/desertificacion/ programa\\_desertificacion/index.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/desertificacion/ programa_desertificacion/index.htm)).

- Martínez, J., Esteve, M.A., Robledano, F., Pardo M.T. y Carreño, M.F. (2005). "Aquatic birds as bioindicators of trophic changes and ecosystem deterioration in the Mar Menor lagoon (SE Spain)". *Hydrobiologia*, 550: 221-35.
- Martínez, J., Esteve, M.A. y Calvo, J.F. (2000). "Environmental and socioeconomical interactions in the evolution of traditional irrigated lands: a dynamic system model". *Human Ecology*, 28: 279-299.
- MMA (1998). *Libro blanco del agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Morales, A. (2001). *Agua y territorio en la Región de Murcia*. Fundación Centro de Estudios Históricos e Investigaciones Locales, Murcia.
- Moreno, D., Pedrocchi, C., Comín, F.A., García, M. y Cabezas, A. (2007). "Creating wetlands for the improvement of water quality and landscape restoration in semi-arid zones degraded by intensive agricultural use". *Ecological Engineering*, 30: 103-111.
- Moreno, J.L., Navarro, C. y de las Heras, J. (2006). "Abiotic ecotypes in south-central Spanish rivers: Reference conditions and pollution". *Environmental Pollution*, 143: 388-396.
- Nordt, L.C., Wilding, L.P. y Drees, L.R. (2000). "Pedogenic carbonate transformations in leaching soil systems: implications for the global C cycle". En: Lal, R., Kimble, J.M., Eswaran, H. y Stewart, B.A. (Eds.): *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*. CRC Press, Boca Raton, FL: 43-64.
- Oñate, J.J. (2007). "Biodiversidad y actividad agraria". En: Barreiro, J. y Gómez-Limón, J.A. (Eds.): *La multifuncionalidad de la agricultura*. Eumedia-Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid: 155-172.
- Oñate, J.J., Pereira, D. y Suárez, F. (2003). "Strategic Environmental Assessment of European Union's Regional Development Plans: A Case Study in Doñana National Park (Spain)". *Environmental Management*, 31: 642-655.

- Oñate, J.J., Suárez, F. y Cachón, J. (2001). "El regadío y la evaluación ambiental estratégica". En: *Los Regadíos Españoles. II Symposium Nacional*. COIAC-Editorial Agrícola Española, Madrid: 470-476 (disponible en [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/jonate/Investigacion/publi.html](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jonate/Investigacion/publi.html)).
- Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, M.J., Vidal, J. y Sánchez, A. (2003). "The role of low-quality irrigation water in the desertification of semi-arid zones in Murcia, SE Spain". *Geoderma*, 113: 109- 125.
- Ramos, A. (1979). *Planificación física y Ecología. Modelos y métodos*. EMESA, Madrid.
- Rodríguez Díaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W. y Camacho, E. (2007). "Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain". *Regional Environmental Change*, 7:149-1593.
- Sánchez, J.M., Sánchez, A., Corbacho, C. y Muñoz, A. (1999). "Influence of farming activities in the Iberian Peninsula on the winter habitat use of common crane (*Grus grus*) in areas of its traditional migratory routes". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 72: 207-214.
- Sánchez-Zapata, J.A., Anadón, J.D., Carrete, M., Giménez, A., Navarro, J., Villacorta, C. y Botella, F. (2005). "Breeding waterbirds in relation to artificial pond attributes: implications for the design of irrigation facilities". *Biodiversity and Conservation*, 14: 1627-1639.
- Sauerbeck, D.R. (2001). "CO<sub>2</sub> emissions and C sequestration by agriculture - perspectives and limitations". *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: 253-266.
- Schlesinger, W.H. (1999). "Carbon sequestration in soils". *Science*, 284: 2095.
- Schlesinger, W.H. (2000). "Carbon sequestration in soils: Some cautions amidst optimism". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 121-127.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., *et al.*, (2008). "Greenhouse gas mitigation in agriculture". *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 789-813.

- SSSA [Soil Science Society of America]. (2001). *Carbon sequestration: position of the Soil Science Society of America*. Burras, L., chair of Ad Hoc Committee S893. Approved by SSSA Board of Directors October 25, 2001.
- Suárez, F., Naveso, M.A. y de Juana, E. (1997). "Farming in the drylands of Spain: birds of pseudosteppes". En Pain, D.J. y Pienkowski, M.W. (Eds.): *Farming and Birds in Europe*. Academic Press, San Diego: 79-116.
- Suárez, F. (2004). "Aves y agricultura en España peninsular". En: Tellería, J.L. (Ed.): *La Ornitología Hoy. Homenaje al Profesor Francisco Bernis Madrazo*. Editorial Complutense, Madrid: 223-266.
- Suso, J. y Llamas, M.R. (1993). "Influence of groundwater development on the Doñana National Park ecosystems (Spain)". *Journal of Hydrology*, 141: 239-269.
- Ursúa, E., Serrano, D. y Tella, J.L. (2005). "Does land irrigation actually reduce foraging habitat for breeding lesser kestrels? The role of crop types". *Biological Conservation*, 122: 643-648.
- Valero, B.L., Navas, A., Machin, J., Stevenson, T. y Davis, B. (2000). "Responses of a saline lake ecosystems in semi-arid regions to irrigation and climate variability. The history of Salada Chiprana, Central Ebro Basin, Spain". *Ambio*, 26: 344-350.
- Vázquez, J., Grande, J., Barragán, F., Ocaña, J. y Torre, M. (2005). "Nitrate accumulation and other components of the groundwater in relation to cropping system in an aquifer in southwestern Spain". *Water Resources Management*, 19: 1-22.
- West, T.O. y Marland, G. (2002). "A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91: 217-232.
- Zekri, S. (1990). "La contaminación agraria difusa del regadío: algunas reflexiones". *Revista de Estudios Agrosociales*, 153: 93-118.

# Política agroambiental: contaminación de agua y degradación\*

*María Espinosa-Goded y Jesús Barreiro-Hurlé*

## 1. Introducción

Como en todo sistema productivo intensivo, la relación de la agricultura de regadío española con el medio ambiente es problemática, dando lugar a una serie de externalidades negativas asociadas al elevado uso de insumos que generan una serie de impactos sobre la calidad y la cantidad de agua. Uno de los instrumentos fundamentales dentro de la Unión Europea para favorecer la relación entre la agricultura y el medio ambiente son las medidas agroambientales. A pesar de que, en principio, estas medidas pueden ir dirigidas tanto a fomentar la provisión de externalidades positivas como a la reducción de las negativas, en España se ha dado mayor prioridad a las primeras, dirigidas principalmente a sistemas extensivos de secano. Sin embargo, existen medidas aplicables también a la agricultura de regadío con el fin de que ésta sea más sostenible. En este capítulo se revisan tanto las medidas que no están dirigidas específicamente al regadío, i.e. producción integrada y agricultura ecológica, como aquellas centradas en la reducción del consumo de agua. Dentro de estas últimas se enmarca el Programa de Compensación de Rentas (PCR) establecido en Castilla-La Mancha en 1993, cuyo objetivo era la recuperación de los acuíferos de la Mancha Occidental y del Campo de Montiel, y que ha sido suprimido con la puesta en marcha del Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG). En este capítulo se presta atención a una de las medidas instauradas dentro de este Plan y que puede tener un importante recorrido en la gestión ambiental del regadío como es la reordenación de los derechos de agua.

---

\* Esta investigación se enmarca dentro del proyecto DISOPTIPOL (RTA2005-0020) financiado por el INIA-MICINN y los fondos FEDER. La versión finalmente publicada se ha visto enriquecida por los comentarios del comité editorial, siendo responsabilidad única de los autores los errores que puedan persistir.

Por tanto, el objetivo de este capítulo es hacer una revisión de la política agroambiental de la Unión Europea, centrándonos fundamentalmente en las medidas agroambientales enmarcadas actualmente en el eje 2 del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural. Para ello, en el siguiente apartado se presenta la relación entre el regadío y la política agroambiental. Posteriormente se hace una revisión de las medidas agroambientales en la Unión Europea, para continuar con una revisión de la aplicación de las medidas agroambientales que tienen relevancia para el regadío en España, y terminar con un resumen de las conclusiones más relevantes.

## 2. El regadío y su relación con la política agroambiental en la Unión Europea y España

### 2.1. Impactos ambientales del regadío

La superficie agraria de regadío en España asciende aproximadamente a 3,4 millones de hectáreas. Esta superficie representa el 7% de la superficie nacional y el 13% de la superficie agraria útil, y genera aproximadamente el 50% de la producción agrícola nacional (Gómez-Limón *et al.*, 2008). Pero más allá de las consideraciones meramente territoriales y financieras, el regadío en su conjunto<sup>1</sup> también genera una serie de externalidades tanto positivas como negativas. Dentro de las externalidades positivas cabe destacar su contribución al desarrollo rural y a la ordenación del territorio rural sintetizadas en el Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 2001).

Los problemas ambientales que puede generar el regadío incluyen la contaminación, salinización y sobreexplotación de aguas superficiales y subterráneas, contaminación y erosión de suelos, pérdida de biodiversidad por fragmentación, transformación o destrucción de hábitat, pérdida de calidad del paisaje, producción de residuos, consumo energético e intensificación del cambio climático. Todos ellos han sido tratados en profundidad en el capítulo sobre "regadío y ecología" de este libro.

---

<sup>1</sup> En este capítulo se utiliza el término "agricultura de regadío" para referirse al total de la actividad agraria, aunque como se recoge en el capítulo 1 de este libro, bajo el mismo se enmascaran diversas realidades productivas, ambientales y sociales.

Sin embargo, la política agroambiental en el campo del regadío se ha centrado en el impacto del mismo sobre *la cantidad y la calidad de las aguas*. Esta área de actuación se justifica por un criterio de relevancia, al ser estos problemas específicos de la agricultura de regadío. Por lo que se refiere a la *cantidad*, no debemos olvidar que la agricultura es la destinataria del 80% del agua consumida en España, en una situación donde estos recursos son cada vez más escasos (Gómez-Limón *et al.*, 2008). Pero el problema de los recursos hídricos no es sólo su escasez sino que además estos recursos se ven cada vez más deteriorados ya que el uso de grandes cantidades de agua para riego supone la reducción del caudal de los cursos de agua y por ende su capacidad de dilución (Zekri, 1990).

Por otra parte y respecto a la calidad del agua se pueden distinguir por un lado los efectos relacionados con la *contaminación* derivada del uso de fertilizantes y pesticidas y los derivados de la *salinización*. También es necesario mencionar la disminución de la *calidad en los parámetros físicos del agua* derivados de la erosión por escorrentía del suelo.

La lixiviación de los nutrientes (fertilizantes) a las masas de agua forma parte del ciclo natural del nitrógeno. Sin embargo, el abuso de fertilizantes en sistemas de regadío para aumentar la producción agraria provoca el lavado de los compuestos solubles, transformando los nutrientes en contaminantes. Principalmente son el nitrógeno y el fósforo los nutrientes que pueden causar la eutrofización de las aguas. En España, hay más de 600.000 ha de regadío ubicadas en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos (MAPA, 2002) que han sido designadas de acuerdo a la Directiva de Nitratos de la UE (Directiva 91/676/CEE), transpuesta al ordenamiento jurídico nacional por el Real Decreto 261/1996 y cuya puesta en práctica depende de cada Comunidad Autónoma. Otros productos que afectan a la calidad de las aguas son los pesticidas (insecticidas, herbicidas, funguicidas) ya que su toxicidad puede generar impactos sobre la salud humana y el ecosistema natural. Adicionalmente, el agua de riego también juega un papel importante en la disolución de algunos micro-elementos tóxicos presentes en el suelo (p.ej. selenio, boro, molibdeno y arsénico) que a grandes concentraciones son perjudiciales para la salud humana (Bianchi y Harter, 2002). El segundo aspecto relacionado con la calidad del agua es la *salinización* producida tanto por la composición del agua de riego y/o del suelo (Rhoades, 2006), así como por la intrusión marina que es producida por la sobre-explotación de los acuíferos. Este problema es especialmente relevante en zonas áridas o semi-áridas como es el sudeste español.

En resumen, se puede considerar que el regadío genera externalidades positivas, principalmente de tipo económico, ya que favorece el desarrollo de las zonas rurales, mientras que las externalidades negativas son en su mayoría de carácter ambiental. Estas externalidades ambientales normalmente tienen la característica de ser un mal público y de carecer de un mercado para su intercambio y por ello justifican, en mayor o menor medida, la intervención pública. Dentro del marco de regulación de la Unión Europea el principal instrumento para intentar solucionar las externalidades negativas de la actividad agraria en general, y del regadío en particular, es la política agroambiental.

## 2.2. Marco teórico de la política agroambiental

Los dos principios que rigen la política ambiental en el marco de la Unión Europea son los de "*quien contamina paga*" y "*quien proporciona recibe*". Un factor fundamental al que se enfrentan los gestores de esta política es la especificación de las normas medioambientales que son de obligado cumplimiento y que por tanto quedan encuadradas dentro de la categoría de "*quien contamina paga*" cuando no son respetadas y las prácticas promovidas mediante un incentivo económico donde se aplica el principio de "*quien proporciona recibe*". La distinción entre una política y otra está determinada en gran parte por los derechos de propiedad que rigen los bienes públicos que se quieren regular. En la primera categoría, la sociedad tiene el derecho de propiedad sobre el nivel de calidad o bien ambiental existente, mientras que en la segunda categoría y al tratarse de unas medidas voluntarias que implican un nivel de calidad ambiental superior al mínimo exigido por la sociedad, el agricultor tiene el derecho de propiedad sobre el uso actual y la sociedad debe compensarle si considera necesario cambiarlo. Por tanto, la distinción entre la aplicación del principio de "*quien contamina paga*" y "*quien proporciona recibe*" depende del nivel de calidad mínimo exigido en la legislación y por tanto es variable y arbitraria. Su nivel de exigencia dependerá de la percepción pública (Vera-Toscano *et al.*, 2008) y de los procesos políticos específicos que determinan los derechos de propiedad y quién debe proporcionar y pagar por los bienes medioambientales derivados de la agricultura (Dobbs y Pretty, 2004).

Dentro del sistema actual de regulación agroambiental de la Unión Europea se pueden identificar tres categorías fundamentales de políticas que afectan a la relación entre la agricultura y el medio ambiente. Una primera categoría, que puede denominarse "*básica*", iría asociada a medidas punitivas. Esta categoría fija prácticas agrarias que imponen res-

tricciones en el uso de determinados insumos (por ejemplo pesticidas o fertilizantes) y cuando los límites no son respetados, los agricultores son objeto de sanción. La siguiente categoría es la denominada "*condicionalidad*", donde sólo aquellos agricultores que reciben pagos de la Política Agraria Común (PAC) deben cumplir tanto con la legislación vigente (el nivel básico anteriormente descrito) como con las acciones adicionales necesarias para mantener su explotación en las denominadas "*buenas condiciones agrarias y medioambientales*". Estas medidas son diseñadas de manera específica por cada uno de los estados miembros, estableciéndose también una serie de sanciones en caso de incumplimiento<sup>2</sup>. En España, la condicionalidad se desarrolla a nivel regional. Por lo que respecta a la calidad del agua, la aplicación de la Directiva sobre protección de las aguas contra la contaminación por nitratos 91/676/CEE debe de contemplarse en la normativa de condicionalidad de todas las Comunidades Autónomas (CCAA), tal y como se establece en el Reglamento 1782/2003 (DOCE, 2003) sobre el desacoplamiento de los pagos directos y la condicionalidad de dichas ayudas, de manera que un agricultor que reciba estas ayudas debe de cumplir con los requisitos establecidos en su comunidad autónoma en cumplimiento de la mencionada Directiva. Por ejemplo, la aplicación de la directiva en Andalucía supone que se han determinado dosis máximas a aplicar por unidad de producción esperada para cada tipo de cultivo en función de su coeficiente de eficiencia<sup>3</sup>. Por último, la tercera categoría recoge los compromisos que implican un nivel de requisitos mayor que los dos anteriores y, por tanto, están asociados a la provisión de pagos adicionales por el mayor compromiso ambiental por parte del agricultor. Otra característica es su carácter voluntario. Esta tercera categoría es lo que se denomina "*medidas agroambientales sensu stricto*".

En resumen, estas tres formas de política agroambiental no deben considerarse como excluyentes y en la actualidad conviven de manera simultánea en el ámbito de la aplicación de la PAC. El uso que de cada una de ellas se lleve a cabo depende en gran medida de las características del sector en el que se aplique (Ortiz y Ceña, 2002). Así, por ejemplo, en aquellos sistemas agrarios con una mayor dependencia de las ayudas directas (fundamentalmente en las producciones de cultivos herbáceos y olivar) tiene una

---

<sup>2</sup> El régimen de sanciones en España está delimitado en el Real Decreto 585/2006. Cada CCAA debe definir sus propios requisitos de aplicación de la condicionalidad. A nivel europeo la base jurídica de las sanciones están recogidas en los artículos 6 y 7 del Reglamento (CE) 1782/2003 (DOCE, 2003).

<sup>3</sup> Por ejemplo, para los cereales de invierno en secano el coeficiente de eficiencia es de 0,8 y el nivel de extracción está fijado en 28 kg de Nitrógeno (N) por tonelada de producción, por tanto se determina una aplicación máxima de N por tonelada de 35 kg que es reducida a 32 kg ya que se supone que hay un aporte de 3 kg de N proveniente de otras fuentes (BOJA, 2001).

mayor aplicabilidad la "*condicionalidad*", mientras que en los sistemas con una menor cobertura de la PAC, y que paradójicamente son los más intensivos y contaminantes se debilita la capacidad de actuación de la "*condicionalidad*" y tiene una mayor incidencia la política "*punitiva*" o las "*medidas agroambientales sensu estricto*". Esta última categoría puede también ser aplicada en cualquier contexto, siempre bajo la premisa fundamental de la voluntariedad.

A caballo entre las distintas categorías presentadas anteriormente se encontraría la aplicación del nuevo Reglamento (CE) nº 1182/2007 del Consejo, por el que se establecen disposiciones específicas con respecto al sector de las frutas y hortalizas (DOCE, 2007a). Este Reglamento establece obligaciones sobre la *política agroambiental sensu estricto* y la *condicionalidad*. Por lo que se refiere a la primera de las obligaciones, los Programas Operativos de las Organizaciones de Productores deben incluir al menos dos medidas medioambientales o emplear al menos el 10% del gasto del programa operativo en este tipo de medidas. En cuanto a la condicionalidad, se establece que las Organizaciones de Productores deben tener como objetivo el empleo de prácticas de cultivo, técnicas de producción y prácticas de gestión de los residuos respetuosas con el medio ambiente, en especial para proteger la calidad de las aguas, del suelo y del paisaje y para preservar o potenciar la biodiversidad. Para ello, las Organizaciones de Productores deben proporcionar a sus socios la posibilidad de obtener la asistencia técnica necesaria para la aplicación de estas prácticas de cultivo<sup>4</sup>.

Por último, es necesario tener en cuenta la Directiva Marco del Agua (vigente desde el año 2000 y trasladada a la legislación nacional hidrológica) que afecta de un modo decisivo a todas aquellas actividades que tienen relación con el agua. Esta normativa tiene por objetivo alcanzar la buena calidad de las masas de agua para lo que deben ponerse en práctica las acciones concretas necesarias determinadas por los organismos de cuenca. Esta Directiva ha sido ampliamente tratada a lo largo del libro, por tanto en este capítulo nos vamos a centrar en las "*medidas agroambientales sensu estricto*", que serán denominadas de aquí en adelante como "medidas agroambientales".

---

<sup>4</sup> De las acciones contempladas, especialmente relevantes para el caso del regadío son la mejora o mantenimiento de la calidad del agua (empleo de técnicas de solarización e instalaciones y/o mejoras de instalaciones o depuración de aguas), las acciones destinadas al uso sostenible de los recursos hídricos (modernización de regadíos, recarga de acuíferos y medidas para evitar la escorrentía superficial) y las acciones destinadas al mantenimiento del hábitat y la biodiversidad (donde se incluyen las medidas de fomento de la producción ecológica e integrada).

## 3. Las medidas agroambientales en la Unión Europea

### 3.1. Desarrollo de las medidas agroambientales

A pesar de que anteriormente existieron actuaciones similares a las actuales medidas agroambientales, no es hasta la Reforma MacSharry de 1992 cuando se consolida la *política agroambiental sensu stricto* en el marco de la PAC. El Reglamento CEE 2078/92 recoge, por primera vez, las medidas agroambientales incluidas dentro de las medidas de acompañamiento de la PAC. Estas medidas eran obligatorias para todos los estados miembros como parte de la política agraria comunitaria, junto con el cese anticipado de la actividad agraria, la indemnización compensatoria y la reforestación de tierras agrarias. Las medidas agroambientales a implementar bajo este reglamento tenían una serie de características comunes, siendo sus compromisos voluntarios y plurianuales (generalmente cinco años). Normalmente implicaban cambios o limitaciones en las prácticas agrarias existentes y su implementación se realizaba a cambio de un pago cuya cuantía se calculaba como la pérdida de renta derivada de la disminución de la producción o del aumento de costes junto con una sobre-prima de hasta el 20% de dichos costes en concepto de incentivo. Con la aplicación de la Agenda 2000, las ayudas agroambientales se situaron dentro del marco de desarrollo rural (Reglamento CE 1257/99), manteniendo inalterados los objetivos introducidos siete años antes. El nuevo marco de desarrollo rural diseñado tras la reforma intermedia de la PAC de 2003 ha supuesto un avance significativo para la política agroambiental. Las medidas de desarrollo rural se agrupan en torno a ejes prioritarios y se adopta un enfoque más estratégico. En este periodo de programación, las medidas agroambientales están encuadradas dentro del Eje 2 "*mejora del medio ambiente y del entorno rural*"<sup>5</sup>. Como cambios más significativos se suprime el incentivo del 20% que se señalaba anteriormente para el cálculo de la prima, introduciéndose la posibilidad de añadir como gastos compensables los costes de transacción. Adicionalmente se abre la puerta al uso de instrumentos de mercado para asignar los contratos, como por ejemplo las subastas, ya que en la legislación se especifica que "*los beneficiarios, podrán ser seleccionados, si procede, por medio de licitaciones basadas en criterios de eficiencia económica y medioambiental*".

<sup>5</sup> La implementación de los programas de desarrollo rural se articula en torno a cuatro ejes de actuación, además del citado Eje 2 se contempla el Eje 1 "*Aumento de la competitividad del sector agrícola y forestal*"; el Eje 3 "*Calidad de vida en las zonas rurales y diversificación de la economía rural*" y el Eje 4 "*Leader*".

## **3.2. Implementación de las medidas agroambientales en la Unión Europea y en España**

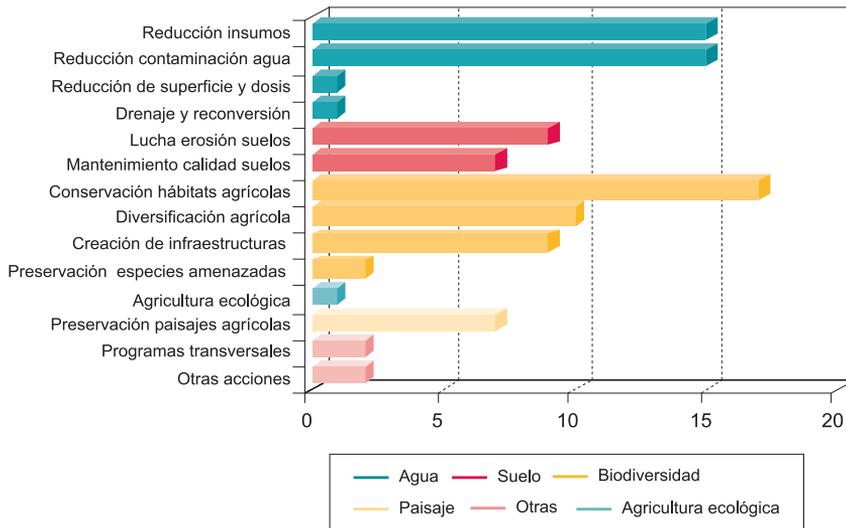
El impacto de las medidas agroambientales en los distintos estados miembros ha sido muy diverso. Mientras Austria, Finlandia y Luxemburgo han extendido sus programas agroambientales hasta cubrir dos tercios de su Superficie Agraria Útil (SAU), esta cifra se sitúa por debajo del 10% en países como Grecia, Holanda y España. Sin embargo, es necesario destacar que todos los estados miembros han aumentado el ratio de la superficie dedicada a medidas agroambientales respecto de la SAU entre los años 2001 y 2005, a excepción de Italia (Eurostat, 2008). Otro indicador de la importancia de este tipo de programas es el volumen de recursos que se dedican a ellos. La evolución del presupuesto de la UE asignado a los programas agroambientales ha seguido una evolución creciente desde el año 1993 hasta el año 2000 donde alcanzó la cifra de 2.200 millones de Euros (ME), cifra que se ha mantenido prácticamente constante a partir de entonces (DG Agricultura y Desarrollo Rural, 2006). Aun cuando esta cifra puede parecer significativa, el gasto en medidas agroambientales sólo constituía un 2,7% del gasto total en política agraria canalizado a través del FEOGA-Garantía.

Si nos centramos en los objetivos de las medidas agroambientales y siguiendo la tipología propuesta en la evaluación del programa agroambiental 2000-2006 (Oréade-Brèche, 2005) se pueden distinguir trece medidas en función de las prácticas culturales exigidas en los compromisos. Estas medidas se pueden agrupar en base al objetivo fundamental que persiguen: agua, suelo, biodiversidad, paisaje, un quinto grupo donde se contemplan otras acciones y por último, y debido a que abarca múltiples objetivos, la agricultura ecológica. Sin embargo, es interesante señalar que la presencia de múltiples objetivos no es exclusiva de la agricultura ecológica, sino que hay otras medidas que aunque tienen como objetivo primordial el señalado en el gráfico 1, su aplicación también beneficia a otros recursos ambientales. En el gráfico 1 se muestra para los quince antiguos estados miembros la distribución del número de medidas agroambientales derivadas del Reglamento (CE) 1257/99.

Analizando el número de medidas instauradas por objetivo medioambiental se pueden estimar las prioridades en materia de política agroambiental de cada estado miembro <sup>6</sup> (ver gráfico 2). En España, las medidas con objetivo ambiental "agua" suponen más de un tercio del total, y junto con las destinadas a mejorar la calidad del suelo, que también representan el mismo porcentaje, suponen el 70% de todas las medidas.

Un análisis más detallado de la tipología de programas relativos al agua, pone de manifiesto que las medidas agroambientales dedicadas a la reducción de insumos (uso de fertilizantes y de pesticidas) constituyen el 15% de las medidas agroambientales en la Unión Europea. En el caso de España este tipo de medida supone el 20% de las medidas agroambientales nacionales y dos tercios de las dedicadas al agua. Las medidas relativas a la reducción de la contaminación del agua representan el 15% del total de las medidas agroambientales en la UE, dato coincidente con el de España. Por último, las medidas relativas a la reducción de la superficie y de la dosis de riego, así como de la limitación y de la conversión del área de drenaje son muy poco significativas en cuanto a número de medidas implantadas (únicamente el 1% para cada una de ellas). Sin embargo, estas medidas aunque limitadas en número, tienen relevancia en términos de superficie, beneficiarios y en cantidad de recursos en el caso de algunas zonas de España, tal y como se comenta más adelante en la descripción de la medida agroambiental del Programa de Compensación de Rentas de Castilla La Mancha.

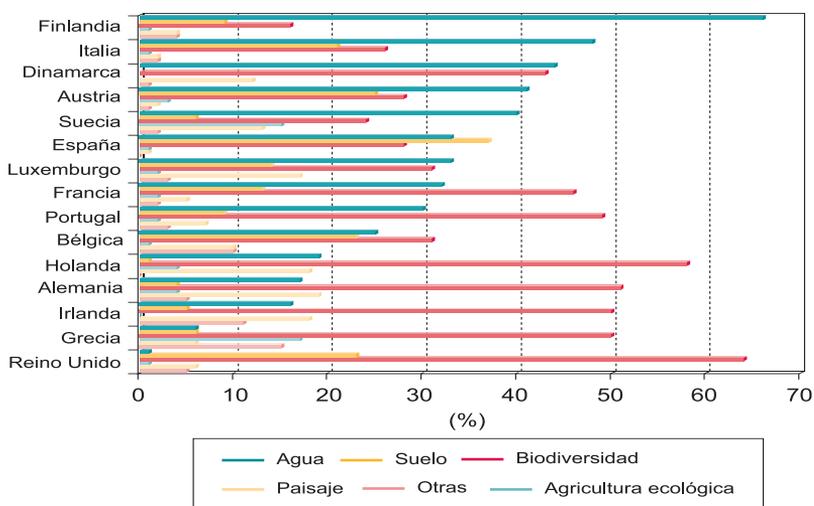
**Gráfico 1. Distribución de la tipología de las medidas agroambientales para el conjunto de la Unión Europea en el periodo 2000-06**



Fuente: Elaboración propia a partir de Oréade-Brèche, 2005.

<sup>6</sup> No existen datos homogéneos para comparar el peso de cada una de estas tipologías en recursos financieros o superficie agraria útil afectada que daría una imagen más aproximada de su importancia real, por tanto debemos tomar como variable proxy el número de programas.

**Gráfico 2. Distribución de la tipología de las medidas agroambientales para cada Estado Miembro en el periodo 2000-06**



Fuente: Elaboración propia a partir de Oréade-Brèche, 2005.

## 4. Aplicaciones de las medidas agroambientales en el regadío español

Las medidas agroambientales que actúan sobre el agua, se pueden dividir en aquellas que afectan a la calidad de las aguas y las que afectan a la cantidad de recursos. Dentro de las primeras es importante destacar las medidas de reducción de insumos, donde se enmarcan las medidas de control integrado, la producción integrada y la agricultura ecológica que son las consideradas en la elaboración del gráfico 1. No obstante, hay otras medidas agroambientales que, aunque no tienen como objetivo principal la mejora de la calidad del agua, tienen un impacto sobre la calidad y la cantidad de los recursos hídricos, ya sea mediante una reducción de insumos o cambiando las técnicas de cultivo para reducir la contaminación del agua. De hecho, dentro del total de 32 medidas agroambientales recogidas en el Programa de Desarrollo Rural (PDR) nacional para el periodo 2000-2006, 28 tienen impacto sobre la calidad de los recursos hídricos (UPM, 2005). El impacto de estas medidas sobre la calidad de los recursos hídricos se deriva tanto de la disminución del nivel de aplicación de insumos como de la reducción de la

transferencia al agua. Un ejemplo de este segundo tipo de medidas es la instauración de cultivos permanentes que produce una reducción de la erosión del suelo y por tanto disminuye la pérdida de nutrientes y fertilizantes al agua. Sin embargo, en la citada clasificación también se incluyen medidas cuyo impacto es bastante limitado, como puede ser la de Barbecho Agroambiental que únicamente reduce la aplicación de insumos en periodos de no cultivo. Por lo que se refiere a las medidas que afectan a la cantidad de recursos el ejemplo más representativo es el del Programa de Compensación de Rentas de Castilla La Mancha.

#### **4.1. Medidas agroambientales que afectan a la calidad de las aguas: el control integrado, la producción integrada y la agricultura ecológica**

Frente a las medidas agroambientales más clásicas que suponen un cambio de prácticas o de cultivos específicos, tanto el control integrado como la producción integrada o la agricultura ecológica suponen cambios globales en la gestión de la explotación, junto con la necesidad de certificación externa. Estas medidas están destinadas a la reducción o eliminación del uso de insumos basados en productos químicos de síntesis y por tanto permiten mejorar la calidad del agua ya que reducen la contaminación difusa por plaguicidas, herbicidas y fertilizantes (estas medidas también contribuyen a alcanzar otros objetivos medioambientales como la reducción de la contaminación del aire, del suelo y la mejora de la biodiversidad).

Las tres medidas pueden ser entendidas como una graduación incremental en cuanto al nivel de exigencia. El primer nivel corresponde al control integrado, el cual impone una reducción mínima del 25% en los tratamientos químicos, así como la realización de un control biológico en, al menos, el 50% de la superficie. Por su parte, las normas de producción integrada son más estrictas respecto a los tratamientos químicos permitidos y exigen la pertenencia a una agrupación de producción integrada, así como la aplicación de la producción integrada en la totalidad de la superficie correspondiente a una misma orientación productiva. El último nivel de exigencia corresponde con la agricultura ecológica, cuya producción está basada, siempre que sea posible, en métodos agronómicos, biológicos y mecánicos en contraposición con el uso de productos químicos de síntesis. La producción integrada ha estado regulada originalmente a nivel regional. Sin embargo, desde el año 2002, existe una norma marco nacional (Decreto 1201/2002) y desde el año

2004 el Ministerio de Agricultura ha empezado a publicar normas técnicas específicas de producción integrada de ámbito nacional. Del casi medio millón de hectáreas existentes bajo producción integrada en España, tan solo dos cultivos de regadío suponen casi 100.000 has, el arroz (47.903 ha) y el algodón (51.485 ha). Además para estos cultivos, la producción integrada tiene un peso muy importante sobre el total de sus respectivas superficies (84,2% para el algodón y 41,9% para el arroz) (MARM, 2008a).

La producción integrada como medida agroambiental está presente en todas las CCAA a excepción de Asturias, Cantabria, Castilla La Mancha y Castilla y León<sup>7</sup>, aunque estas excepciones suponen de facto que el 37,4% de la superficie nacional quede fuera de esta medida. Respecto al total de las ayudas agroambientales, para el periodo 2000-2004, las ayudas al control y a la producción integrada representaban el 7% de la superficie, el 16 % de los beneficiarios y el 16% del presupuesto (MAPA, 2004). Frente a la regulación estatal de la producción integrada, el apoyo a las mismas mediante medidas agroambientales es definido por cada CCAA en los PDR, pudiendo variar las primas agroambientales entre las diferentes Comunidades Autónomas y cultivos. Esto implica que, por ejemplo, en Aragón (BOA, 2007), las primas asociadas con la producción integrada en regadío fluctúan desde 215 €/ha para los hortícolas al aire libre a los 94 €/ha para los herbáceos en regadío. Mientras que en Andalucía las ayudas en regadío oscilan entre los 204 €/ha para el olivar hasta 320 €/ha para la producción integrada de alfalfa (BOJA, 2009).

Por su parte, la agricultura ecológica también se encuentra regulada a nivel nacional y ha ido evolucionando desde el Reglamento de la Denominación Genérica "Agricultura Ecológica" de 1989, pasando por la transposición del Reglamento (CEE) 2092/91 hasta el más reciente Reglamento (CE) 834/2007 (DOCE, 2007b) sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos que será aplicable desde el 1 de enero de 2009. La superficie de agricultura ecológica en España alcanza casi el millón de hectáreas (MARM, 2008b), aunque la mayoría de la superficie corresponde a cultivos de secano<sup>8</sup>. Por lo que se refiere a las medidas agroambientales de apoyo a la agricultura ecológica, éstas son también diseñadas a nivel regional dentro de los PDR, pudiendo variar el nivel de apoyo en función del cultivo y de la CCAA. Por ejemplo, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, los

---

<sup>7</sup> En Castilla-León hay 4.497 ha con producción integrada, a pesar de no recibir ninguna ayuda agroambiental. Mientras que en las otras CCAA mencionadas no hay superficie dedicada a la producción integrada.

<sup>8</sup> Las superficies se dedican fundamentalmente al cultivo de pastos, praderas y forrajes (43,4%), bosques y recolección silvestre (18,6%), cereales (12,2%) y olivar (9,5%).

pagos previstos para los cultivos de regadío durante este periodo de programación varían desde 600 €/ha para los hortícolas, el arroz o la uva de mesa hasta los 183,70 €/ha para los cultivos herbáceos (BOJA, 2007). En Aragón y para estos mismos cultivos la ayuda es de 411 €/ha y 156 €/ha respectivamente (BOA, 2007). La medida agroambiental destinada a promover la agricultura ecológica está instaurada en todas las Comunidades Autónomas y representaba en el período 2000-2004 el 9% de la superficie total acogida a medidas agroambientales, el 12 % de los beneficiarios y el 19% del presupuesto (MAPA, 2004).

Humedales emblemáticos en España como pudieran ser Doñana o la Albufera de Valencia son ejemplos donde la producción integrada o ecológica están siendo utilizados para mejorar la calidad y cantidad de los recursos hidráulicos.

Para evaluar el impacto global de las medidas aplicadas durante el periodo 2000-2006 se puede recurrir a la tasa de adopción, que a pesar de no ser un indicador óptimo se considera uno de los más accesibles (Hanley *et al.*, 1999). El cuadro 1 refleja la tasa de adopción de las 28 medidas agroambientales que han sido consideradas con un impacto potencial sobre la calidad de las aguas (UPM, 2005). De estas medidas únicamente las tres explicadas anteriormente tienen como uno de los objetivos prioritarios la mejora de la calidad del agua, siendo éste en las demás un objetivo secundario. Debido a que una misma medida puede tener impacto sobre más de una de las categorías reflejadas, lo único que se puede concluir de los datos existentes es que al menos un millón de hectáreas han sido gestionadas de manera que se reduzca el consumo de pesticidas, de las cuales casi 300.000 tienen un impacto significativo. En el caso de los fertilizantes la superficie total afectada es menor, aunque la superficie con impactos significativos es similar.

**Cuadro 1. Nivel de aplicación de medidas agroambientales con efecto sobre la calidad de las aguas.**  
 En paréntesis se representan las medidas con un impacto significativo

	Reducción insumos	
	Fertilizantes	Pesticidas
Superficie (ha)	707.177 (307.078)	928.927 (294.622)
% Superficie Agraria Útil	2,7 (1,2)	3,5 (1,1)

Fuente: UPM (2005).

Sin embargo, aunque la relación causa-efecto de una menor aplicación de fertilizantes sugiere una mejor calidad del agua (Stolze, 2000), en la actualidad no hay ningún estudio que demuestre los efectos medioambientales de estas medidas (DG AGRI, 2005). No obstante, la Unión Europea ha creado la red IRENA (Indicators Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agricultural Policy) para mejorar la medición del impacto de las medidas agroambientales.

## 4.2. Medidas agroambientales que afectan a la cantidad de recursos: el caso del Programa de Compensación de Rentas y el Plan Especial del Alto Guadiana

Como se comentó anteriormente, las medidas agroambientales dirigidas a la reducción del consumo de agua en España han sido escasas, siendo la más relevante el *Programa de Compensación de Rentas* (PCR) de Castilla La Mancha por la cantidad de recursos invertidos y por la incertidumbre surgida respecto a su efectividad. Esta medida de aplicación regional fue instaurada en 1993 al amparo del Reglamento (CE) 2078/92. Su objetivo era la recuperación de los acuíferos de la Mancha Occidental y del Campo de Montiel de los que dependían el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera y que habían sido objeto de sobre-explotación por un incremento de la superficie regada en la zona. Después de la declaración en 1991 de sobreexplotación del acuífero, se estableció una cuantía máxima de extracción de agua que fue repartida entre las explotaciones con derecho a riego estableciendo una modulación en función de la extensión de las explotaciones. Esta situación suponía un claro ejemplo de una política agroambiental punitiva, sin embargo fue fuertemente criticada en la zona ya que los agricultores demandaban el derecho de propiedad sobre el agua exigiendo una compensación monetaria, lo cual derivó en el nacimiento de la medida agroambiental. El PCR establecía pagos compensatorios para los agricultores que poseían explotaciones sobre los acuíferos mencionados anteriormente, y que voluntariamente<sup>9</sup> se acogían a una reducción tanto de sus extracciones de agua para riego como de la aplicación de fertilizantes.

<sup>9</sup> Dicha reducción era obligatoria por la declaración de sobre-explotación del acuífero, lo cual da una idea de lo poco que se adecuaba el programa a los principios que deben regir las medidas agroambientales. Para una discusión más en detalle de esta divergencia consultar Rosell y Vilamodiu (1997).

El objetivo del PCR era reducir las extracciones de agua de los acuíferos en 270 hm<sup>3</sup>/año (240 hm<sup>3</sup>/año para el acuífero de la Mancha Occidental y 30 hm<sup>3</sup>/año para el acuífero del Campo de Montiel), estabilizando el volumen de extracciones de agua para riego en torno a 300 hm<sup>3</sup>/año. Esta cifra se encontraba por debajo de la tasa media anual de recarga natural del acuífero, lo que debía de permitir que la tendencia de continuo descenso del nivel freático del acuífero de los 20 años previos se detuviera, permitiendo su recuperación a largo plazo (Iglesias y Sumpsi, 2001). El gasto total en este programa ha superado los 235 ME habiendo llegado a afectar a más de 2.500 agricultores y 80.000 hectáreas (JCCM, 2007), sin embargo, el alcance ecológico, social y económico del PCR ha sido cuestionado y debatido lo cual ha llevado a su cancelación y su sustitución por el Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG). Algunos problemas inherentes de la zona de estudio que no han hecho factible la continuación del programa agroambiental son la falta de coordinación institucional, la existencia de gran cantidad de superficie de regadío ilegal y la falta de concienciación por parte del agricultor que comprendió el Programa como una ayuda coyuntural y no como un precepto anticipatorio de una nueva forma de agricultura que promoviera un uso sostenible del agua (Rosell y Viladomíu, 1997).

En su análisis del PCR, López Sanz (1998) señala otros problemas como son: 1) el sobredimensionamiento de la recarga natural del acuífero, ya que ésta se estimó considerando la serie histórica de aportaciones, cuando en la actualidad éstas son menores; 2) el diseño de las ayudas en función directa de la superficie, lo que originó que las grandes explotaciones acapararan la mayoría de los fondos en perjuicio del pequeño agricultor; 3) el escaso papel de las Comunidades de Regantes, ya que asumieron un único papel de control sobre el plan de cultivos y el uso del agua con muy pocos medios técnicos, lo que derivó en una confrontación con las confederaciones hidrográficas ya que únicamente actuaban como vigilantes del consumo de agua y no en el diseño del programa ; 4) la imposibilidad de control del gasto de agua con caudalímetros en el primer periodo de programación, ya que éstos no se habían instalado; 5) la falta de formación agroambiental de los agricultores y necesidad de recuperación de la cultura tradicional campesina que desde siglos se ha adaptado a su entorno; y, por último, 6) la naturaleza estática de la regulación acompañada de las condiciones de extrema sequía durante la primera mitad de los años 90 supusieron que, a pesar del ahorro de agua, los acuíferos no experimentaran ninguna recuperación.

Todo ello pone de manifiesto el complejo entramado de intereses entre las distintas subvenciones a la agricultura (política de apoyo a los productos<sup>10</sup> y agroambiental), también señalado por Varela-Ortega, 2007, así como de las características sociales y físicas de la zona de influencia del programa agroambiental, que hipotecaron el éxito del mismo.

Este programa se eliminó en el año 2007 debido a su escaso éxito. Sin embargo, dado que el problema sigue existiendo, se han comenzado a utilizar otros instrumentos. Como alternativa de control de la cantidad de agua, se ha instaurado un programa de compra de derechos dentro del Plan Especial de Alto Guadiana (PEAG). Este programa representa uno de los primeros casos en España en el que se recurre a la posibilidad de utilizar instrumentos de mercado para la asignación de los contratos. Para una mayor profundización en la importancia de los mercados de agua se puede revisar los dos capítulos dedicados al tema en el presente libro. El PEAG vigente<sup>11</sup> (CHG, 2008) se aprobó el 11 de enero de 2008 por el Real Decreto 13/2008 y considera actuaciones para la reordenación de los derechos de agua en la zona. Para ello, se busca la conversión de los derechos privados en concesionales, con el fin de que puedan ser cedidos entre particulares, y también a que se pueda acceder a su compra por parte de un Centro de Intercambio de Derechos con el propósito de destinarlos a la recuperación del acuífero de la Mancha Occidental. En la actualidad se ha publicado la cuarta oferta pública de adquisición de derechos de usos de agua de regadío, habiendo tenido las tres anteriores un éxito limitado tanto en cantidad como en el ahorro derivado del sistema de subastas para la selección de los agricultores (Barreiro-Hurlé y García, 2008). Adicionalmente, se pretende implementar una serie de medidas agroambientales, esta vez sí en el marco del Programa de Desarrollo Rural, para fomentar la actividad agraria de secano.

---

<sup>10</sup> A partir de la reforma intermedia (2003) la política basada en los pagos directos por superficie (anteriormente el apoyo era vía precios) ha sido sustituida por el pago único basado en superficies históricas de producción.

<sup>11</sup> El PEAG original se aprobó según estaba dispuesto en la disposición transitoria IV del Plan Hidrológico Nacional de 2001.

## 5. Conclusiones

Dentro del marco general de la política agroambiental, la agricultura de regadío parece haber sido objeto principalmente de las dos primeras categorías señaladas en el marco teórico, la *punitiva* y la *condicionalidad*, en contraposición a la aplicación de *medidas agroambientales*. Esto puede ser el resultado de la consideración de la agricultura de regadío como generadora de externalidades negativas con respecto al medio ambiente. Por tanto, la sociedad tiene el derecho de propiedad y los gestores públicos pueden imponer restricciones sin compensación (*política punitiva*) o como condición para recibir el apoyo de la política agraria comunitaria (*condicionalidad*) en contraposición a las *medidas agroambientales* voluntarias. También debe tenerse en cuenta que la mayor rentabilidad del regadío hace más costosa la aplicación de medidas agroambientales en comparación con el secano, ya que las primas para incentivar la participación de los regantes deben ser mayores para compensar un mayor lucro cesante. Puesto que el éxito de estos programas se mide por la superficie acogida y no por el beneficio ambiental alcanzado, un programa para la agricultura de regadío sería menos exitoso que para la agricultura de secano considerando un mismo presupuesto. Sin embargo, también es verdad que el secano es más competitivo en la provisión de beneficios ambientales y por tanto parece lógico que en él se centren los esfuerzos de la *política agroambiental sensu stricto*. Por último, tampoco debe olvidarse el papel de la política agroambiental como apoyo a las rentas para la subsistencia de la agricultura extensiva en amplias zonas del territorio español.

Por tanto, cabe preguntarse si es conveniente derivar recursos de la política agroambiental aplicadas en zonas menos productivistas hacia zonas de agricultura más intensiva y si es así la forma en que deben diseñarse estos programas. Esta reflexión también nos lleva a preguntarnos donde está el límite entre la regulación obligatoria sobre la que actúa la aplicación de "*quien contamina paga*" y las "*medidas agroambientales sensu stricto*" donde los agricultores reciben una compensación económica por la provisión de bienes ambientales. La única experiencia en medidas agroambientales a nivel español en zonas de agricultura de regadío no basado en la obtención de productos agrícolas con un valor añadido es el Programa de Compensación de Rentas, cuya eficiencia ambiental ha sido muy cuestionada a pesar de la gran cantidad de recursos derivados para su aplicación (Rosell y Viladomiu, 1997; López Sanz, 1998). Por tanto, sería necesario identificar claramente las externalidades ambientales que puede generar la agricultura de regadío, si éstas son demandadas por la sociedad y si el valor que ésta les asigna es mayor que el coste de las mismas. Mientras que no se realice este ejercicio, la política

agroambiental seguirá dejando de lado a la agricultura de regadío, limitando el potencial de que esta actividad tienda a una armonía entre la conservación del medio natural y la mejora de la calidad de vida de los agricultores.

La puesta en práctica de la Directiva Marco del Agua y la consecución del objetivo de "*lograr un buen estado de todas las aguas en 2015*", incluyendo los estados ecológico, químico y, para el caso de las subterráneas, cuantitativo, crea un incentivo para el desarrollo de las medidas agroambientales si hay una coordinación institucional entre las diferentes Comunidades Autónomas (encargadas de desarrollar los Programas de Desarrollo Rural donde se incluyen las medidas agroambientales) que están involucradas en una misma confederación hidrográfica (organismo rector de las medidas concretas derivadas de la Directiva Marco de Agua). Hasta donde estén dispuestas a llegar las distintas administraciones implicadas en el diseño y aplicación de la política agroambiental es una pregunta que con los datos disponibles no podemos contestar. Mientras que la reducción de recursos para el desarrollo rural provenientes del presupuesto comunitario para el periodo 2007-2013 puede ejercer de freno a esta extensión, la reducción del apoyo directo a los productos agrícolas por el desacoplamiento de las ayudas y la puesta en marcha de niveles más exigentes de condicionalidad, así como la aplicación de la Directiva Marco del Agua pudieran abrir la puerta al desarrollo de una política agroambiental eficiente en el regadío español.

## Referencias bibliográficas

- Barreiro-Hurlé, J. y García Fernández-Velilla, S. (2008). "Innovar para financiar la conservación de la naturaleza: el reto de los instrumentos de mercado". *Boletín EUROPARC*, 26: 43-51.
- Bianchi, M. y Harter, T. (2002). *Nonpoint sources of pollution in irrigated agriculture*. Publication 8055. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California.
- Boletín Oficial de Aragón (BOA). (2007). *Orden 23 de Enero de 2007, de los Departamentos de Agricultura y Alimentación y de Medio Ambiente, por la que se aprueban las bases reguladoras de las ayudas en materia de medidas agroambientales en el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón, 2007-2013*. Boletín Oficial de Aragón n.13 (31/01/2007).
- Boletín Oficial del Estado (BOE). (2002). *Real Decreto 1201/2002, de 20 de noviembre, por el que se regula la producción integrada de productos agrícolas*. Boletín Oficial del Estado n. 287 (30/11/2002).
- Boletín Oficial del Estado (BOE). (2003). *Real Decreto 708/2002, de 19 de julio, por el que se establecen medidas complementarias al Programa de Desarrollo Rural para las Medidas de Acompañamiento de la Política Agraria Común*. Boletín Oficial del Estado n. 175 (23/07/2003).
- Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA). (2001). *Orden de 27 de junio de 2001, conjunta de las Consejerías de Medio Ambiente y de Agricultura y Pesca, por la que se aprueba el Programa de Actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía n. 75 (03/07/2001).
- Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA). (2007). *Orden de 20 de noviembre de 2007, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones a las submedidas agroambientales en el marco del Plan de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013 y se efectúa su convocatoria para el año 2007*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía n. 234 (28/11/2007).

- Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA). (2009). *Resolución de 27 de marzo de 2009, de la Dirección General de Fondos Agrarios, por la que se convocan para 2009 las ayudas a medidas y submedidas agroambientales, previstas en la Orden de 20 de noviembre de 2007*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía n. 68 (8/4/2009).
- CHG. (2008). *Memoria técnica del Plan Especial del Alto Guadiana*. Confederación Hidrográfica del Guadiana.
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE). (2003). *Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo, de 29 de septiembre de 2003 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores y por el que se modifican los Reglamentos (CEE) n° 2019/93, (CE) n° 1452/2001, (CE) n° 1453/2001, n° (CE) 1454/2001, (CE) n° 1868/94, (CE) n° 1251/1999, (CE) n° 1254/1999, (CE) n° 1673/2000, (CEE) n° 2358/71 y (CE) n° 2529/2001L 270/1 (21/10/2003)*.
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE). (2007a). *Reglamento (CE) n° 1182/2007 del Consejo, de 26 de septiembre de 2007, por el que se establecen disposiciones específicas con respecto al sector de las frutas y hortalizas, se modifican las Directivas 2001/112/CE y 2001/113/CE y los Reglamentos (CEE) n° 827/68, (CE) n° 2200/96, (CE) n° 2201/96, (CE) n° 2826/2000, (CE) n° 1782/2003 y (CE) n° 318/2006 y se deroga el Reglamento (CE) n° 2202/96*. Diario Oficial n. L 273/1 (17/10/2007).
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE). (2007b). *Reglamento (CE) n° 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) n° 2092/91*. Diario Oficial n. L 189 (20/07/2007).
- Dirección-General de Agricultura y Desarrollo Rural (DGAGRI) (2006). *Report 2006. Rural development in the European Union. Statistical and economic information*. [[ec.europa.eu/agriculture/agrista/rurdev2006/RD\\_Report\\_2006.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/agrista/rurdev2006/RD_Report_2006.pdf)] visitado en Febrero 08.

- Dirección-General de Agricultura y Desarrollo Rural (DG AGRI) (2005). *Agri-environment measures. Overview, types of measures and application. European Commission: Brussels*. [[ec.europa.eu/agriculture/publi/reports/agrienv/rep\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/publi/reports/agrienv/rep_en.pdf)] visitado en Enero 09.
- Dobbs, T.L. y Pretty, N.L. (2004). "Agri-environmental stewardship schemes and multifuncionalidad". *Review of Agricultural Economics*, 26(2): 220-237.
- Eurostat. *Indicadores de Desarrollo Sostenible*. [epp.eurostat.ec.europa.eu](http://epp.eurostat.ec.europa.eu) visitado en Marzo 08.
- Gómez-Limón, J.A., Berbel, J. y Gutierrez, C. (2008). "Multifuncionalidad del regadío: una aproximación empírica". En: Gómez Limón, J.A y Barreiro Hurlé, J. (Eds). *La multifuncionalidad de la agricultura en España*. Eumedia S.A. y MAPA, Madrid. 207-224.
- Hanley, N., Whitby, M. y Simpson, I. (1999). "Assessing the success of agri-environmental policy in the UK". *Land Use Policy*, 16: 67-80.
- Iglesias, E. y Sumpsi, J.M. (2001). "Efectos de los mecanismos de subasta en la eficacia del gasto público de los programas agroambientales: el caso de la recuperación del acuífero Mancha Occidental". En: Paniagua, A. (Ed.): *Naturaleza, Agricultura y Política Agroambiental en España*. Colección Politeya nº16, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). (2007). *Perceptores de ayudas PAC*. Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2004). *Informe de ejecución para el año 2004 del PDR (gasto f. Medidas agroambientales)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2002). *Programa de vigilancia ambiental del PNR- Horizonte 2008*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. (Disponible en [www.mapa.es/es/desarrollo/pags/vigilanciaambiental/indice.htm](http://www.mapa.es/es/desarrollo/pags/vigilanciaambiental/indice.htm)).

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (MAPA). (2001). *Plan Nacional de Regadíos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). (2008a). *Encuesta producción Integrada a las Comunidades Autónomas*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). (2008b). *Estadísticas 2007 Agricultura Ecológica*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- López Sanz, G. (1998). *La gestión del agua subterránea en la cuenca alta del río Guadiana: de la confrontación a la cooperación*. Diputación Provincial de Ciudad Real, Ciudad Real.
- Oréade-Brèche. (2005). *Evaluation des mesures agro-environnementales*. Rapport final. Noviembre, 2005. Francia.
- Ortiz Miranda, D. y Ceña, F. (2002). "Efectos de la política agroambiental de la Unión Europea en el mundo rural". *ICE Globalización y mundo rural*, 303:104-116.
- Rhoades, J.D. (2006). "Irrigation and soil salinity". En: Lal, R (Eds): *Enciclopedia of soil science*. CRC Press, Boca Raton: 932-936.
- Rosell, J. y Viladomiu, L. (1997). "El programa de Compensación de Rentas por reducción de regadíos en Mancha Occidental y Campo de Montiel". *Economía Agraria*, 179:331-350.
- Stolze, M., Piorr, A., Häring, A.M. y Dabbert, S. (2000). *Environmental impacts of organic farming in Europe*. Organic Farming in Europe: Economics and Policy Vol. 6. Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim.
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (2005). *Evaluation des mesures agro-environnementales. Etude National Espagne*. Noviembre, 2005. España. [ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/measures/annex10.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/measures/annex10.pdf) visitado en Marzo 09.

- Varela-Ortega, C. (2007). "Policy-driven determinants of irrigation development and environmental sustainability: a case study in Spain". En: F. Molle, F. y Berkoff, J. (Eds.): *Irrigation water pricing policy in context: exploring the gap between theory and practice. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. International Water Management Institute, CABI Publication. Wallingford UK and Cambridge USA: 328-346.
- Vera-Toscano, E., Gómez-Limón, J.A., Moyano Estrada, E. y Garrido Fernández, F. (2008). "Factors determining citizens attitudes towards agri-environmental property rights". *Environmental and Resource Economics*, 41:541-561.
- Zekri, S. (1990). "La contaminación agraria difusa del regadío: algunas reflexiones". *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 153:93-118.



# Los instrumentos para la gestión de la cantidad y la calidad del agua: Revisión crítica

*Encarna Esteban Gracia, Javier Tapia Barcones, Yolanda Martínez Martínez y José Albiac Murillo*

## 1. Introducción

Las aguas superficiales, subterráneas y costeras se utilizan en actividades urbanas, industriales, agrarias y de recreo, y sirven de soporte a los ecosistemas acuáticos. Estas actividades ligadas a los recursos agua y tierra generan riqueza, pero también suponen una fuerte presión sobre los recursos hídricos que provoca la escasez y degradación del agua.

El caso español se caracteriza por problemas tanto de escasez como de degradación de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales. Los problemas de escasez están ligados sobre todo a las extracciones para uso agrario, mientras que los problemas de calidad son consecuencia en primer lugar de la contaminación urbana e industrial, y también de la contaminación de la agricultura. El desarrollo de la agricultura intensiva en el levante y sur peninsular ha generado una fuerte presión sobre los recursos hídricos, junto a la contaminación por nutrientes y pesticidas que dañan los ecosistemas acuáticos. Los problemas de escasez y sobreexplotación tienen mayor importancia en los países del sur de Europa, mientras que los países de centro y norte de Europa tienen mayores problemas de emisiones contaminantes.

Las extracciones de agua en España superan los 38.000 hm<sup>3</sup>, de los que 6.000 hm<sup>3</sup> se utilizan en la refrigeración de centrales, y alrededor de 32.000 hm<sup>3</sup> se dedican a la demanda consuntiva (Cuadro 1). La demanda de agua de los hogares alcanza los 2.600 hm<sup>3</sup> con un precio medio de 1 €/m<sup>3</sup>, mientras que la demanda industrial y de los servicios es 3.200 hm<sup>3</sup> con un precio medio de 0,25 €/m<sup>3</sup>. La demanda neta del regadío es de 20.700 hm<sup>3</sup> y los precios varían dependiendo del tipo de agricultura. En los regadíos del

**Cuadro 1. Extracciones y utilización de recursos hídricos por sector en 2002 (hm<sup>3</sup>)**

	Total	Agricultura	Empresas suministro	Otros sectores	Refrigeración centrales
<b>Extracciones</b>	38.200	25.200	5.400	1.400	6.200
Superficiales	32.500	20.900	4.200	1.200	6.200
Subterráneas	5.700	4.300	1.200	200	
<b>Pérdidas redes</b>	5.500	4.500	1.000		
<b>Utilización</b>					
Agricultura	20.700	20.700			
Hogares	2.600		2.600		
Otros sectores	3.200		1.800	1.400	
Refriger. centrales	6.200				6.200

Fuente: INE (2006) y Martínez y Hernández (2003). Las cifras no incluyen las extracciones para generación hidroeléctrica, estimadas por el MIMAM (2000) en una media de 16.000 hm<sup>3</sup>.

interior con sistemas colectivos y cultivos de baja rentabilidad, los precios se acercan a los 0,06 €/m<sup>3</sup> (Mema *et al.*, 2008). En los regadíos del levante y sureste peninsular con bombeo individual de acuíferos y con cultivos muy rentables, el precio varía entre 0,09 y 0,21 €/m<sup>3</sup> (Albiac *et al.*, 2008a).

La presión de las actividades económicas genera problemas de degradación y escasez de recursos hídricos. El uso de las aguas subterráneas se acerca a los 6.000 hm<sup>3</sup>, y estos recursos están sometidos a una gran presión. Las aguas subterráneas se utilizan sobre todo en el levante peninsular, Baleares, Canarias, y también en el alto Guadiana y el Guadalquivir. La sobreexplotación de acuíferos supera los 700 hm<sup>3</sup>, de los que 160 hm<sup>3</sup>, corresponden al Júcar, 220 hm<sup>3</sup> al Segura, 70 hm<sup>3</sup> al Sur, y 170 hm<sup>3</sup> al alto Guadiana.<sup>1</sup> Esta sobreexplotación agudiza la degradación de las aguas subterráneas por contaminación. Los acuíferos con mayor contaminación de sales se encuentran en las cuencas del Sur y del Segura, y los acuíferos con mayor contaminación por nitratos están en las cuencas del Guadalquivir y del Júcar (Hernández *et al.*, 2007). En el regadío de la España interior, la escasez es moderada debido a que el regadío se basa en sistemas colectivos de riego con presas y canales, donde las confederaciones hidrográficas controlan las concesiones, los caudales y las reservas de los pantanos a través de las juntas de explotación, mientras que las comunidades de regantes se encargan de la gestión de los polígonos de riego. Este sistema de gestión permite una mayor garantía del caudal ecológico de los ríos, y una gestión apropiada de las sequías y avenidas.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ver planes de cuenca de las confederaciones hidrográficas.

<sup>2</sup> Sin embargo, hay cuencas como el Guadalquivir donde las juntas de explotación no funcionan, y donde la confederación no ha podido frenar la expansión incontrolada del regadío, pasando la superficie en los últimos 15 años de medio millón a un millón de hectáreas.

En cuanto a la calidad del agua, es importante situar los parámetros de calidad de los ríos españoles en el contexto europeo, y también conviene indicar que los países tienen un comportamiento estratégico de ocultación de la información. Los parámetros de calidad de los principales ríos españoles y europeos no mejoran a pesar de las enormes inversiones en plantas de depuración en la última década (150.000 millones € en la UE-12, y 12.000 millones en España). Hay una carga elevada de nutrientes en los ríos Guadalquivir, Támesis, Sena y Escalda, y elevadas concentraciones de metales pesados en los ríos Sena, Escalda, Tajo, Guadalquivir y Porsuk en Turquía (OCDE 2007). No se conoce el impacto de la calidad del agua sobre los ecosistemas acuáticos, aunque hay indicios de que la calidad del agua mejora muy lentamente y en algunos ríos incluso empeora. Se debería haber conseguido una reducción de emisiones de materia orgánica y fósforo por las nuevas plantas de tratamiento urbano, y una reducción de metales pesados y sustancias químicas de las industrias.

Los únicos datos sobre calidad de agua de los ríos son de la OCDE (2007), y muestran las graves deficiencias en los últimos treinta años que impiden la recuperación ecológica de los ríos. La demanda bioquímica de oxígeno ha mejorado en España a comienzos de los años 2000, y también en muchos países europeos. La contaminación por nutrientes no mejora en España o en la mayoría de países europeos, y en algunos países empeora. En cuanto a los metales pesados, la información disponible es muy escasa, y los pocos datos disponibles muestran una cierta reducción en España y otros países a finales de los años noventa.

Una posible explicación del mal comportamiento de la carga de nutrientes es que la contaminación difusa de nitrógeno y fósforo de agricultura no se controla, y estas emisiones compensan las reducciones logradas con las plantas de tratamiento urbano. Otro factor puede ser el aumento de contaminación difusa como consecuencia de la expansión incontrolada de las zonas urbanas. En cualquier caso, la importancia relativa de la contaminación agraria está aumentando, y parece que entre un 50 y un 90 por cien de la carga de nitrógeno en las aguas superficiales es de origen agrario (EEA 2005).

Los problemas de contaminación de origen agrario se caracterizan por la incertidumbre sobre la localización de las fuentes, y por la imposibilidad de la medición de las emisiones contaminantes de cada agricultor. Esto tiene consecuencias importantes para el diseño de medidas de control de las emisiones, ya que no sirven las medidas de control de la contaminación de origen localizado, y son necesarias medidas mucho más

sofisticadas que se basan en la cooperación de los agentes.<sup>3</sup> Debido a la importancia de los recursos hídricos para todos los sectores de la economía, desde la Unión Europea se elaboró la Directiva Marco del Agua que es la principal normativa legal para controlar los problemas de degradación de los recursos hídricos.<sup>4</sup>

El objetivo de este capítulo es hacer una valoración de los distintos instrumentos que propone la Directiva Marco del Agua para la reducción de los problemas de contaminación y escasez que afectan a los recursos hídricos en España. Para ello en el siguiente apartado se valoran los instrumentos propuestos por la DMA. Posteriormente se hace una revisión crítica de las distintas políticas de gestión de aguas superficiales y subterráneas llevadas a cabo en los últimos años en nuestro país y se muestran los resultados obtenidos en zonas de regadío del valle medio del Ebro. Por último se resumen algunas conclusiones relevantes.

## **2. Los instrumentos de Política Medioambiental y la Directiva Marco del Agua**

La Directiva Marco del Agua pretende proteger las aguas superficiales, subterráneas y costeras, impidiendo la degradación adicional de la calidad del agua y mejorando las condiciones de los ecosistemas acuáticos, mediante un uso sostenible del recurso. La Directiva introduce el principio de que los precios del agua deben aproximarse al coste completo de recuperación, para mejorar la eficiencia del uso. El coste completo de recuperación incluye los costes de extracción, distribución y tratamiento, y los costes medioambientales y "del recurso". La Directiva establece una combinación de restricciones de emisiones y estándares de calidad de agua, con fechas límite para que todas las aguas alcancen una calidad apropiada. La gestión del agua se organiza a nivel de cuenca y contando con la participación de todos los usuarios.

---

<sup>3</sup> Sobre control de contaminación difusa, ver los capítulos de la sección "Part I Nonpoint Source Pollution Regulation Approaches" en Albiac y Dinar (2009), donde se presenta el estado de la cuestión en los distintos países del mundo.

<sup>4</sup> La normativa europea incluye también la Directiva de Agua Potable (1998), de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (1996), de Tratamientos de Aguas Residuales Urbanas (1991), de Nitratos (1991), de Sustancias Peligrosas (1976 integrada en la DMA en 2006), y de Calidad del Agua de Baño (2006).

Hay algunos problemas importantes tanto metodológicos como de información en el análisis de políticas que se hace en la Directiva Marco del Agua, ya que muchos conceptos básicos del análisis de política medioambiental no se entienden. Es el caso de los conceptos de objetivo, instrumentos (institucionales, económicos, mando y control), bienestar social óptimo, meta, coste eficiencia, bien privado, bien comunal, cooperación de los grupos de interés, y acción colectiva. Como consecuencia de esta falta de competencia en el análisis de políticas, hay un énfasis equivocado en los precios del agua. Este énfasis de la Directiva sobre los precios del agua sigue la Declaración de Dublín de 1992, pero se trata de una aproximación errónea. El problema con esta aproximación de "bien económico" que asume la DMA es que el mecanismo de precios sólo puede funcionar cuando el agua es un bien privado (rivalidad en el consumo y exclusión) que se intercambia en mercados.

Los usos urbanos e industriales conectados en redes tienen características de bien privado, pero el regadío es distinto porque tiene características de bien público impuro y externalidades medioambientales. Los precios de agua pueden modificar el consumo donde existen mercados, como en las redes urbanas para la demanda industrial y de los hogares, pero no en los usos de regadío y los medioambientales.<sup>5</sup> Los mercados de agua suponen una mejora del bienestar social porque llevan agua al uso de mayor rentabilidad económica, pero los mercados del agua no sirven para internalizar las externalidades medioambientales, como muestran los casos de California y Australia. Además, los mercados del agua son incapaces de solucionar problemas severos de sobreexplotación y degradación de los recursos hídricos. La protección y conservación de los recursos hídricos que son bienes comunales, requiere de la cooperación de los agentes que utilizan el recurso hasta alcanzar la acción colectiva. Otra dificultad para diseñar políticas razonables es la falta de información estadística básica y del conocimiento sobre los procesos biofísicos, lo que favorece el comportamiento estratégico de los países, cuencas y grupos de interés en todo el proceso de implementación de la Directiva.

La descripción de las "medidas básicas y suplementarias" en la Directiva Marco del Agua no tiene mucho sentido (Ver detalles en Albiac 2008c). La definición de las "medidas básicas" en la DMA muestra que no son en absoluto medidas de política, sino que son

---

<sup>5</sup> Cornish *et al.*, (2003) revisan la literatura y los estudios de caso en distintos países. Sus resultados demuestran que la asignación del agua en regadío no se puede conseguir con el mecanismo de precios, y que es mucho mejor introducir mercados de agua aunque sea un mecanismo que requiere grandes esfuerzos prolongados en el tiempo.

una reformulación de los objetivos que se supone se debían alcanzar con la legislación previa sobre agua. La definición de las "medidas suplementarias" en la DMA es general en exceso, y no tiene ninguna aplicación práctica.

La redacción de las medidas que enumera la DMA no tiene en cuenta el estado del conocimiento del análisis de políticas en el campo de la economía del medio ambiente. La Directiva no considera tampoco los conceptos de bien privado, bien público y externalidad, y por lo tanto ignora que son necesarias diferentes tipos de medidas para los diferentes tipos de problemas en recursos hídricos. El malentendido conceptual y empírico en el análisis de políticas de la Directiva es tal, que hay una confusión enorme entre los consultores clave sobre agua de las administraciones europea y española, y entre los principales responsables de la toma de decisiones medioambientales.

Para poder mejorar el bienestar social con las medidas de política, se necesita conocer los procesos biofísicos, las funciones de beneficio social y coste social de cada medida, y el bienestar óptimo que se deriva de estas funciones. Si no se conocen las funciones de beneficios y costes de cada medida, los responsables de la toma de decisiones pueden basar las políticas en el coste eficiencia de las medidas. Sin embargo, el comité WATECO al cargo del análisis económico de la Directiva, ha decidido ignorar todo lo anterior (bienestar social óptimo y coste eficiencia) y tomar como costes medioambientales cualquier gasto medioambiental que los países hayan decidido realizar.

Es esencial clarificar la metodología conceptual del análisis de políticas, y determinar los requisitos de información con relación a las estadísticas del agua y al conocimiento científico de los procesos biofísicos, que son necesarios para el diseño de las medidas. Una vez que el conocimiento biofísico se haya generado, la gestión de los recursos hídricos seguirá siendo un desafío considerable, por las características de bien público del agua y por sus externalidades medioambientales. Los incentivos de las medidas de política de agua deben tener en cuenta el comportamiento estratégico de los grupos de interés, para que pueda surgir la cooperación y la acción colectiva en la conservación de los recursos hídricos (Albiac *et al.*, 2008b). En España tenemos precisamente el ejemplo del acuífero de Mancha oriental, que es el único caso a nivel mundial de gestión sostenible de un gran acuífero mediante la acción colectiva de los agricultores.

Otro aspecto que dificulta la gestión del agua es que las instituciones son muy débiles o inexistentes en la mayoría de los países europeos, y estos países carecen de experiencia en la recogida de datos y en el diseño e implementación de políticas de agua acertadas. Por ejemplo, Alemania e Italia no tienen autoridades de agua a nivel de cuenca y a nivel federal, mientras que en Francia las agencias de agua tenían como única misión realizar obras entre su creación en 1971 y 2000, y sólo posteriormente han iniciado la gestión del agua. En Alemania, cada estado tiene sus propios métodos, bases de datos, y procedimientos de evaluación, por lo que la coordinación de las políticas no va a ser fácil. En Italia hay una plétora de organizaciones muy pequeñas al cargo del agua, lo que se traduce en un problema serio de falta de información, y también en dificultades graves para el diseño e implementación de las políticas de agua.

### 3. Los aciertos y fracasos de las políticas de agua en España

Los problemas más graves de presión antrópica sobre los recursos hídricos se localizan en el sureste y levante peninsular, debido a las presiones de la agricultura, la urbanización desbocada, y el turismo en la costa mediterránea. En la España interior, los recursos hídricos superficiales están bajo el control efectivo de las autoridades de cuenca que tienen una gran competencia en el manejo de los recursos. Lo curioso es que algunos responsables de organizaciones ecologistas y de la administración propongan que se apoye la agricultura de regadío intensiva responsable de la enorme presión y degradación severa de los ecosistemas acuáticos, y que se desmantele la agricultura de regadío extensiva de la España interior mucho más benigna para los recursos hídricos y los ecosistemas.<sup>6</sup> La consigna de algunos ecologistas y algunos responsables de la administración es "más euros por gota de agua", lo que está en línea con la subida de precios del agua que propugna la Directiva como solución infalible para todos los problemas.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Los cultivos de alta rentabilidad son muy intensivos en capital e inputs, y provocan una carga contaminante mucho mayor que los cultivos extensivos de baja rentabilidad de la España interior. En la agricultura intensiva de invernadero, la fertilización es de unos 900 kg/ha de N, 400 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 1.200 de K<sub>2</sub>O, mientras que en los cereales en regadío de la España interior se utilizan unos 100 kg/ha de N (300 en maíz), 70 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 40 de K<sub>2</sub>O. En cuanto a pesticidas, la agricultura intensiva de invernadero utiliza unos 40 kg/ha de productos o 5.000 litros/ha (incluye el tratamiento de orugas, mosca blanca, trips, ácaros, minador, pulgón, oidio, mildiu, botritis y esclerotina, pero no incluye los tratamientos de las enfermedades de cuello, y la desinfección de suelo). En la agricultura extensiva de cereales en regadío, la utilización de pesticidas es de unos 3 kg/ha de productos o 370 litros/ha (herbicidas e insecticidas).

<sup>7</sup> Ver Maestu *et al.*, (2009) y Schmidt *et al.*, (2009), y la Declaración de Zaragoza (que reivindica en su punto A8 la recuperación de costes incluso en los países en desarrollo, ignorando las características de bien público del agua). En el Libro Blanco del Agua (MIMAM 2000) también se proponía apoyar el regadío más rentable económicamente.

La Directiva Marco del Agua se traspuso a la legislación española en 2003, tras la aprobación del Plan Hidrológico Nacional (2001) y del Plan Nacional de Regadíos (2002). El Plan Hidrológico Nacional suponía inversiones de 19.000 millones € orientadas a aumentar la oferta de agua, y su principal proyecto era el trasvase del Ebro. El Plan Nacional de Regadíos ha supuesto grandes inversiones de 6.000 millones € en modernización para ahorrar recursos, mejorar la competitividad, y reducir la contaminación. El Plan Hidrológico Nacional fue modificado en 2005, sustituyendo el trasvase del Ebro por el proyecto AGUA basado en desalación. Ambas versiones del Plan Hidrológico Nacional, con el trasvase del Ebro y con el proyecto AGUA, mantienen el enfoque tradicional de expandir la oferta de agua.

El Plan Nacional de Regadíos tiene un buen potencial de ahorro de agua y reducción de la contaminación mediante inversiones en tecnologías avanzadas de riego. Estas inversiones no garantizan la solución de todos los problemas, pero es obvio que las innovaciones tecnológicas facilitan el control privado y público de la cantidad y calidad del agua. La realización del potencial del Plan requiere la coordinación estrecha entre las autoridades del agua y las comunidades de regantes. La coordinación es necesaria porque los retornos de riego son "pérdidas" en los canales y las parcelas que vuelven a cuenca. Cuando la modernización reduce estas "pérdidas", el agua "ahorrada" puede utilizarse en cultivos más exigentes en agua, dobles cosechas, o en expandir la superficie de regadío. La consecuencia es entonces un aumento de la evapotranspiración y la reducción de los flujos de agua en cuenca. La solución es sencilla aunque políticamente engorrosa, y consiste en reducir las concesiones para contrarrestar los posibles incrementos de evapotranspiración.

La sobreexplotación de acuíferos masiva en el sureste y levante peninsular es consecuencia de décadas de desgobierno de los acuíferos, a pesar de la declaración de dominio público en 1985. La inscripción de las concesiones de agua subterránea (Registro) y de los derechos privados (Catálogo) está muy lejos de completarse, y el número de pozos ilegales puede superar el medio millón. La degradación de los recursos hídricos es comprensible, porque la presión es consecuencia de la rentabilidad de los invernaderos que suele superar los 10.000 €/ha de margen neto y puede alcanzar los 50.000 €/ha, frente a los 1.000-2.000 €/ha de los cultivos extensivos en la España interior. La falta de control de los pozos significa que la autoridad no puede imponer costes de recuperación. Además, el nivel de precios para reducir la demanda en estas zonas está por encima de los 3 €/m<sup>3</sup>, lo que es políticamente inviable (Albiac *et al.*, 2006). Por el contrario, las autoridades de cuenca pueden imponer el precio de agua que deseen en los regadíos de la España

interior basados en cultivos poco rentables, porque tienen el control absoluto de los sistemas de riego colectivo. Pero la pregunta entonces es la siguiente: ¿por qué las autoridades tienen que jugar con los precios para asignar agua en los polígonos de riego, cuando pueden hacer una asignación directa y razonable como siempre han hecho a través de las concesiones y las juntas de explotación?.

En relación a la contaminación difusa, el enfoque de la literatura reciente es diseñar incentivos basados en la carga de contaminación ambiental de los cursos de agua, que puede medirse, en lugar de incentivos ligados a la carga de emisiones en el origen (parcelas). Estos incentivos son mecanismos de impuesto-subsidación y penalizaciones de grupo ligadas a un umbral de contaminación en el ambiente, y los incentivos deben incorporar el comportamiento estratégico de los agricultores (Segerson y Wu 2006). La legislación europea actual sobre contaminación difusa de la agricultura consiste en la Directiva de Nitratos aprobada en 1991 (European Commission 1991), cuya aplicación se ha basado en facilitar información a los agricultores y en el cumplimiento voluntario. Como así no se conseguía reducir la contaminación, los países están intentando controlar la cantidad de fertilizante exigiendo a los agricultores que lleven libros de balance de nitrógeno de la explotación. El mecanismo para que las obligaciones se cumplan consiste en elegir agricultores al azar, y reducir las subvenciones agrícolas de los que se demuestre que incumplen. El problema es que la Directiva de Nitratos solo se aplica sobre los acuíferos que se declaran contaminados oficialmente, y que no afecta a las zonas de producción intensiva con degradación severa de recursos hídricos, y con cultivos muy rentables que no reciben casi subvenciones de la PAC. Esto hace que los resultados de esta legislación sean francamente cuestionables.

En el caso de la contaminación difusa de las aguas en España, existen varios estudios (Orús *et al.*, 2000, Uku 2003, Martínez y Albiac 2004 y 2006, Mema 2006) centrados en el control de la contaminación en el regadío del valle del Ebro. Frente al mecanismo de penalización al azar que se está utilizando para la Directiva de Nitratos, los resultados empíricos de estos trabajos apuntan en otra dirección. Un ejemplo es la gran reducción de contaminación que se consigue con el Plan Nacional de Regadíos, y que documentan los estudios de Uku (2003) y Mema (2006).<sup>8</sup> Los resultados son muy relevantes para el diseño del Programa de Medidas de la DMA, ya que muestran que el instrumento de precios del agua que promueve la DMA no es adecuado para reducir la contaminación por nitrógeno. Como ya se he indicado, la demanda de agua de riego no responde a los precios, por lo que los precios de agua no son una medida coste eficiente para reducir la contaminación.

La modernización de los sistemas de riego es una medida muy interesante, porque consigue una reducción sustancial de la contaminación a un coste moderado para los agricultores en términos de renta. Mema (2006) señala que la modernización reduce el uso de agua de riego y fertilizantes, consiguiendo una caída de emisiones de nitratos del 40 por cien (7.000 t) y una caída a la mitad de las emisiones de sales (500.000 t).

Estos resultados se confirman en los trabajos de Martínez y Albiac (2004 y 2006), que estudian la contaminación por nitratos teniendo en cuenta la dinámica del nitrógeno en el suelo, y que presentan resultados para distintos tipos de cultivo y para distintos tipos de suelo. Los resultados empíricos demuestran que los precios del agua son la peor medida para reducir la contaminación de nitratos de la agricultura. El tipo de instrumento para controlar la contaminación difusa no puede ser un incentivo individual sobre cada agricultor por separado, porque entonces se alcanza una solución no cooperativa (o equilibrio de Nash), en el que cada agricultor busca la mayor renta neta independientemente de otros agricultores. Hace falta que la solución sea cooperativa, y que los agricultores elijan la reducción de contaminación con el mayor bienestar colectivo, lo que supone cumplir la condición de provisión eficiente de bienes públicos. Los resultados empíricos de Esteban y Albiac (2007) sobre contaminación por sales, muestran que los mejores instrumentos para reducir la contaminación salina son el mecanismo de impuesto-subsidación y la penalización de grupo, ambos basados en un límite de carga de contaminación ambiental en los cursos de agua que pueda medirse.

Hay algunos ejemplos de políticas de agua discutibles o claramente erróneas en España. Una de ellas es el Plan Especial del Alto Guadiana, que pretende reducir la sobreexplotación del acuífero de Mancha occidental y recuperar el parque natural de las Tablas de Daimiel, el segundo humedal en importancia del país tras Doñana. La primera versión del Plan en 2003 consistía en establecer mercados de agua para resolver el problema, pero esta versión no llegó a aprobarse. Los esfuerzos en los años siguientes para sancionar las extracciones ilegales fueron desautorizados con la destitución del presidente de la confederación y el comisario de aguas. Esta acción supuso enviar la señal equivo-

---

<sup>8</sup> El estudio de Mema cubre una superficie de regadío de 380.000 ha en el Ebro medio, donde se utilizan 2.500 hm<sup>3</sup> con unos retornos de 900 hm<sup>3</sup> que arrastran cargas sustanciales de nitratos y sales. La contaminación anual de nitrógeno es de unas 19.000 t (N-NO<sub>3</sub>), procedentes de fertilizantes nitrogenados. La contaminación por sales es de un millón de toneladas, en su mayoría de las cuencas del Flumen, Cinca y Arba. Las medidas de control estudiadas incluyen impuestos y límites cuantitativos sobre el agua de riego y el fertilizante nitrogenado, impuestos sobre emisiones de nitratos y sales, e inversiones en la modernización de los sistemas de riego.

cada no sólo a los que explotan pozos ilegales, sino también a los pozos legales que bombean en exceso y vacían los acuíferos. La segunda versión del Plan, en lugar de reducir directamente los bombeos ilegales, propone inversiones de 5.000 millones € para eliminar 170 hm<sup>3</sup> de sobreexplotación, de los que se han aprobado 3.000 millones. Pero las enormes inversiones en el alto Guadiana no funcionarán sin controlar primero los bombeos ilegales que afectan a 50.000 ha, para lo que es necesario diseñar incentivos que consigan la cooperación de los agricultores. Si el enfoque de este plan se generalizara a los 500 hm<sup>3</sup> de sobreexplotación de acuíferos en las cuencas del Júcar, Segura y Sur, las inversiones adicionales alcanzarían los 15.000 millones de euros (Albiac *et al.*, 2007).

Un segundo ejemplo de política cuestionable es el proyecto AGUA, con inversiones de 1.200 millones de euros para construir plantas desaladoras y expandir la oferta en 600 hm<sup>3</sup>, de los que 300 hm<sup>3</sup> son para regadío. Aunque hay una demanda de riego potencial por parte de los invernaderos y otros cultivos rentables, los costes de bombeo son mucho menores que los costes de desalación, y los agricultores no comprarán agua desalada. Las inversiones públicas en desalación solo se justifican si las autoridades son capaces de evitar la sobreexplotación de acuíferos, forzando a los agricultores a comprar agua desalada. Pero la solución elegida por las autoridades del agua es subvencionar el agua desalada hasta el nivel que los agricultores estén dispuestos a pagar, es decir el coste de bombeo.

Un aspecto de la gestión del agua en España que conviene resaltar es la competencia institucional, técnica y organizativa de las autoridades de cuenca que se remonta a casi un siglo. Las confederaciones hidrográficas tienen una tradición de gestión y un saber hacer, con los grupos de usuarios al cargo de todas las decisiones en las subcuencas (juntas de explotación), de la que carecen los demás países europeos, y son muy competentes en la gestión del agua superficial. También hay un elevado nivel de competencia en el sector del agua (construcción, distribución, depuración y desalación) y en la agricultura de regadío muy dinámica del sureste peninsular.

El problema para alcanzar una gestión sostenible del agua no es la falta de capacidad técnica, capital físico o recursos humanos, sino la ausencia de voluntad política. La clave es acabar con el desgobierno de los recursos hídricos en el sureste. Cualquier política de oferta, como el trasvase del Ebro o el proyecto AGUA, es cuestionable mientras continúe el desgobierno de los acuíferos. Las políticas de demanda como prohibir la sobreexplotación de acuíferos o establecer impuestos sobre las extracciones son técnica y políticamente inviables, porque las autoridades sólo controlan el agua superficial.

Aunque existen transacciones informales en las cuencas del sureste, la introducción de mercados formales requiere de esfuerzos enormes y persistentes. La ley de aguas se modificó en 1999 para facilitar los mercados formales, pero casi no ha habido intercambios en los últimos diez años. En cualquier caso, la introducción de mercados formales requeriría controlar los acuíferos. La experiencia de los mercados en Australia y California demuestra que los instrumentos económicos por sí solos no consiguen proteger los recursos hídricos, y por tanto los instrumentos institucionales y los de mando y control (controles directos) tienen que desempeñar una función importante.

Las tareas pendientes para las autoridades de cuenca en España constituyen un auténtico desafío, ya que los acuíferos y el agua de riego son bienes comunales con características de bien público impuro (rivalidad en el consumo pero no exclusión) y con externalidades medioambientales. Además, los efectos del cambio climático van a reducir sustancialmente en las próximas décadas los recursos disponibles en las zonas más áridas de la península ibérica. La gestión sostenible por las autoridades de cuenca requerirá el establecimiento de incentivos capaces de hacer surgir la cooperación entre los agentes que manejan el recurso, para alcanzar la acción colectiva necesaria para la conservación del agua y la protección de los ecosistemas acuáticos.

## 4. Conclusiones

El caso de España muestra que la implantación de la Directiva Marco del Agua no es una tarea fácil. Tanto el anterior Ministerio de Medio Ambiente español como el Directorado de Medio Ambiente de la Comisión Europea han estado propugnando el precio del agua en regadío y la utilización de la Política Agrícola Común para penalizar a los agricultores. Diversos proyectos financiados por la Comisión Europea y otros estudios recomiendan también estas medidas de política que parecen poco acertadas.<sup>9</sup>

Pero creemos que los problemas de escasez y degradación de la calidad no pueden solucionarse con estos dos tipos de medidas. Subir los precios del agua es un buen instrumento para la demanda urbana e industrial, pero parece inútil para la demanda de regadío.<sup>10</sup> La Política Agrícola Común también parece inútil para influenciar las extracciones de agua en el sureste, ya que las subvenciones están orientadas hacia los produc-

tos continentales como cultivos extensivos, mientras que la producción en la zona consiste en cultivos mediterráneos como frutas y hortalizas que no reciben prácticamente subvenciones PAC.

El diseño e implementación de medidas razonables para una gestión sostenible es complicado no solo en España o los países mediterráneos, sino en toda la Unión Europea. Es indispensable mejorar la información estadística y los conocimientos científicos sobre los recursos superficiales y subterráneos, sus ecosistemas asociados, y los costes de daño ambiental. Estas tareas requieren tiempo y recursos debido a la complejidad de las dimensiones biofísicas, espaciales e intertemporales subyacentes. Actualmente, los datos sobre cantidad de agua no son muy buenos en la Unión Europea, y los datos sobre calidad de agua son aún peores. Las cifras de cantidades de agua de la Agencia Europea de Medio Ambiente no coinciden con las cifras nacionales (por ejemplo en el caso de España y Francia), y la información de la cantidad de agua de países como Italia no está disponible.

El análisis de políticas de la DMA creemos que precisa de una mejora substancial tanto en el enfoque metodológico como en la selección de instrumentos. La perspectiva de "bien económico" que sigue la propuesta de la Declaración de Dublín puede ser errónea, ya que el mecanismo de precios del agua solo puede funcionar cuando el agua es un bien privado. Este puede ser el caso en redes urbanas de uso doméstico e industrial, pero no para los usos agrícolas y medioambientales. Además, los mercados de agua parecen incapaces de internalizar las externalidades medioambientales, como muestra la

---

<sup>9</sup> Varios proyectos europeos de investigación proponen estas medidas de política que creemos pueden ser erróneas: WFD meets CAP ([www.ecologic.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1369](http://www.ecologic.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1369)), Aquamoney ([www.aquamoney.org](http://www.aquamoney.org)), Aqua-Stress ([www.aquastress.net](http://www.aquastress.net)), WADI ([www.uco.es/investiga/grupos/wadi](http://www.uco.es/investiga/grupos/wadi)), POPA-CTDA ([www.popa-ctda.net](http://www.popa-ctda.net)) y POLAGWAT (<http://susproc.jrc.es/docs/waterdocs/FinalRep150802.pdf>). Otro ejemplo es el artículo de Downward y Taylor (2007) sobre Almería, que propone alcanzar una gestión sostenible mediante precios del agua y aumentos de la oferta con desalación. El uso de agua de riego en Almería es de unos 260 hm<sup>3</sup>, y el uso doméstico e industrial es de unos 90 hm<sup>3</sup>. Subir el precio del agua puede reducir la demanda doméstica e industrial, pero no el bombeo de acuíferos para regadío. Puesto que la creciente presión urbanizadora en la costa absorberá cualquier ahorro de la subida de precios en la demanda industrial y doméstica, la escasez creada por la sobreexplotación de acuíferos de la agricultura va a continuar. La desalación tampoco puede funcionar, ya que los agricultores no van a comprar agua desalada a menos que se ponga en marcha un cumplimiento estricto de la prohibición de la sobreexplotación de acuíferos, una tarea formidable para las autoridades. La consecuencia es que las medidas que propugnan Downward y Taylor no pueden proporcionar la acción colectiva necesaria para la conservación de los recursos hídricos.

<sup>10</sup> Los precios del agua no pueden funcionar porque (1) no hay control sobre el enorme número de pozos ilegales y sobre las cantidades bombeadas de los acuíferos; (2) los precios sombra del agua son superiores a 3 euros/m<sup>3</sup>, un precio políticamente inviable ya que los costes de desalación son 0,50 euros/m<sup>3</sup> y los precios urbanos están cerca de 1 euro/m<sup>3</sup>, y (3) la administración carece de información sobre la dinámica de los acuíferos y de voluntad política para hacer cumplir extracciones de agua sostenibles.

experiencia de los mercados de agua en Australia y California. Los instrumentos económicos del tipo precios del agua y mercados tienen una aplicación muy restringida, y una parte fundamental de la solución en todos los países ha de pasar por la utilización de las instituciones, que sirvan para conseguir la cooperación de los grupos de interés.

La decisión del comité WATECO al cargo del análisis económico de la DMA, de tomar como costes medioambientales cualquier gasto medioambiental que los países realicen, pone de manifiesto las debilidades y carencias del actual análisis de política de agua en Europa. WATECO parece ignorar no sólo el principio de optimización del bienestar social que se deriva de las funciones de beneficios y costes de las medidas, sino también el principio de coste eficiencia utilizado cuando la función de beneficios es desconocida.

Aunque se dispusiera de todo el conocimiento biofísico, la gestión de la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea es un desafío serio debido a las características de bien público del agua y las externalidades medioambientales asociadas. Para diseñar medidas de política hay que tener en cuenta el comportamiento estratégico de los grupos de interés del recurso, estableciendo incentivos para la cooperación con el fin de alcanzar la conservación mediante la acción colectiva. Ambos aspectos, conocimiento biofísico y acción colectiva, es improbable que se hayan logrado en 2027 cuando se deben alcanzar los objetivos de la DMA. Estas dificultades de gestión no solo afectarán a Europa, sino a todos los países del mundo.

Muchos países europeos no tienen experiencia en instituciones de gestión del agua ni en recogida de datos para diseñar e implementar políticas de agua acertadas, y sus instituciones son frágiles o inexistentes. Dos ejemplos son Alemania e Italia, que carecen de autoridades de agua a nivel de cuenca o de gobierno federal o central, pero también Francia cuyas agencias de agua comenzaron a gestionar el agua en la presente década. El potencial de cambio en las políticas europeas del agua apunta hacia leves mejoras en los próximos decenios. En estos próximos decenios, la estructura institucional necesaria y la acción colectiva de los grupos de interés podría alcanzarse progresivamente, pero entonces los impactos del cambio climático se convertirán en un gran desafío que obligará a una mejora radical hacia la gestión sostenible de los recursos hídricos.

## Referencias bibliográficas

- Albiac, J., Martínez, Y. y Tapia, J. (2006). "Water quantity and quality issues in Mediterranean agriculture", en OECD (ed.) *Water and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies*, OECD, Paris.
- Albiac, J., Martínez, Y. y Xabadia, A. (2007). "El desafío de la gestión de los recursos hídricos", *Papeles de Economía Española*, 113: 96-107.
- Albiac, J., Tapia, J., Meyer, A., Hanemann, M., Mema, M., Calatrava, J., Uche, J. y Calvo, E. (2008a). "Los problemas económicos de la planificación hidrológica". *Revista de Economía Aplicada*, 16 (47): 25-50.
- Albiac, J., Dinar, A. y Sánchez-Soriano, J. (2008b) "Game theory: A useful approach for policy evaluation in natural resources and the environment", en: A. Dinar, J. Albiac y J. Sanchez-Soriano (Eds.). *Game Theory and Policy Making in Natural Resources and the Environment*. Routledge Explorations in Environmental Economics. (Abingdon: Routledge).
- Albiac J. (2008c). *Programa de Medidas*. Documento Base para el Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza. (<http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/DirectivaMarco/ParticipacionCiudadana/8jalbiac-cita.pdf>)
- Albiac, J. y Dinar, A. (2009) *The Management of Water Quality and Irrigation Technologies*. (Londres: Earthscan).
- Cornish, G., Bosworth, B., Perry, C. y Burke, J. (2003). "Water charging in irrigated agriculture. An analysis of international experience". FAO Water reports N° 28. FAO. Roma.
- Downward, S. y Taylor, R. (2007). "An assessment of Spain's Programa AGUA and its implications for sustainable water management in the province of Almería, southeast Spain". *Journal of Environmental Management*, 82: 277-289.

- Esteban, E. y Albiac, J. (2007). "Instruments for salinity pollution control in irrigated agriculture". Comunicación presentada al *15th Annual Conference of the European Association of Environmental Economists*. 27-30 de Junio, Tesalónica.
- European Commission. (1991). *Concerning the Protection of Waters against Pollution caused by Nitrates from Agricultural Sources*. Council Directive 91/676/EEC (Nitrates Directive).
- European Environment Agency. (2005). *European Environmental Outlook*. EEA Report No. 4 (Copenhague: EEA).
- Hernández, N., Martínez, L., Llamas, M. y Custodio, E. (2007). "Groundwater issues in Southern EU member states: Spain country report". *Informe presentado ante la Secretaría de la EASAC (European Academies of Sciences Advisory Council)*, Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística. (2006). *Cuencas satélite del agua en España*. Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- Maestu, J., y Gómez, C. (2009). "Water Uses in Transition". En A.Garrido y M. Llamas (eds). *Water Policy in Spain*. Routledge. Abingdon.
- Martínez, L. y Hernández, N. (2003). "The role of groundwater in Spain's water policy". *Water International*, 28 (3): 313-320.
- Martínez, Y. y Albiac, J. (2004). "Agricultural pollution control under Spanish and European environmental policies". *Water Resources Research*, 40 (10), doi:10.1029/2004WR003102.
- Martínez, Y. y Albiac, J. (2006). "Nitrate pollution control under soil heterogeneity". *Land Use Policy*, 23 (4): 521-532.
- Mema, M. (2006). "Las políticas de control de la contaminación difusa en el Valle medio del Ebro". Tesis doctoral. Departamento de Estructura, Historia Económica y Economía Pública. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

- Mema, M., Calvo, E., Mateos, J. y Albiac, J. (2008). "Precios y costes del agua de uso agrario en la Cuenca del Ebro". *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 18 (1): 199-218.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2000). *Libro Blanco del Agua en España*. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2007). *OECD Environmental Data*. Compendium 2006. OCDE. Paris.
- Orús, F., Quílez, D. y Beltrán, J. (2000). "El código de buenas prácticas agrarias (I): Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos". *Informaciones Técnicas* Nº 93. Servicio de Formación y Extensión Agraria. Dirección General de Tecnología Agraria. DGA. Zaragoza.
- Segerson, K. y Wu, J. (2006). "Nonpoint pollution control: Inducing first-best outcomes through the use of treats". *Journal of Environmental Economics and Management*, 51: 165-184.
- Schmidt, G. y de Stefano, L. (2009). "Major Processes Degrading Freshwater Resources and Ecosystems", en: A. Garrido y M. LLamas (eds). *Water Policy in Spain*. Routledge. Abingdon.
- Uku, S. (2003). "Análisis económico y medioambiental de los sistemas de riego: una aplicación al regadío de Bardenas". Tesis Doctoral. Departamento de Estructura, Historia Económica y Economía Pública. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.



# Una década de economía y política del agua en la agricultura

*Alberto Garrido, Àngels Xabadia, Fco. Javier Sáez,  
Jose A. Gómez-Limón y Javier Calatrava*

## 1. Diez años que no han pasado en balde

La agricultura en un país semiárido como España se caracteriza por su dependencia de los recursos hídricos disponibles, ya sea los que provienen del ciclo natural (precipitaciones), o los que se aplican de manera artificial (riego) a partir de las captaciones de recursos superficiales o subterráneos. Efectivamente, el grado de disponibilidad de este factor productivo es el que condiciona qué se puede producir (alternativas de cultivos factibles), cuánto se puede producir (rendimientos) y cómo producirse (tecnología agrícola y del riego). Así, no es exagerado afirmar que es precisamente el agua el factor más escaso y determinante del comportamiento de la agricultura de regadío española.

A pesar de la histórica importancia del agua y del regadío dentro del complejo agroalimentario, resulta llamativo cómo la Economía, ciencia que estudia la asignación de los recursos escasos, apenas se haya dedicado a estudiar científicamente el uso agrario del agua hasta la década de los noventa del siglo pasado. En este sentido, debe resaltarse como hito fundamental la publicación en 1998 del libro *Economía y política de gestión del agua en la agricultura* por parte de un equipo de investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid liderado por el profesor José María Sumpsi. Esta obra puede considerarse un documento seminal sobre la economía del agua de riego, que ha inspirado durante la última década el trabajo de numerosos grupos de investigación a lo largo y ancho de la geografía española y la consecuente expansión de la frontera de este campo de la ciencia.

Si uno relea el capítulo de conclusiones de Sumpsi *et al.*, (1998), no puede sino sorprenderse del colosal crecimiento del conocimiento que se ha producido en España en sólo una década. Pero aún más marcadas son las profundas transformaciones sociales, tecnológicas y productivas que ha experimentado la agricultura de regadío. En 1998, el riego a manta era la técnica mayoritaria de aplicación del agua; el trigo, la viña y el olivar apenas se regaban; la Política Agraria Común (PAC) otorgaba subvenciones cuantiosamente más elevadas a cultivos como el girasol, maíz o el algodón que a otros extensivos también de regadío, y más a las superficies regadas que a los cultivos de secano; la mano de obra era en su gran mayoría autóctona; los derechos de agua no se podían ceder (vender o alquilar); la Directiva Marco del Agua (DMA) estaba en discusión; la reforma de la Ley de Aguas de 1985 se debatía en el Congreso; el Libro Blanco se acaba de publicar, concluyendo con la necesidad de reformar el régimen económico-financiero del agua y de realizar trasvases desde las cuencas excedentarias a las deficitarias; y el primer Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas se celebraba en Zaragoza en septiembre de 1998. El cambio climático no inspiró en Sumpsi *et al.*, (1998) ni un breve epígrafe; no se había inventado el concepto de huella ecológica, mucho menos el de huella hídrica o el de comercio de agua virtual; y, por no resultar excesivamente prolijo, España y Portugal resolvían sus soterradas disputas sobre los ríos compartidos ya cuando 1998 doblaba la esquina.

Curiosamente, el territorio que se riega y el volumen de agua empleado para regar apenas ha variado en España, si se exceptúa la cuenca del Guadalquivir, que es la que menos se reconoce en su reciente pasado.

El volumen que se cierra con este capítulo da cuenta de la evolución de esta década (1998-2008), ampliando la mirada y el ámbito de análisis a otras perspectivas sobre la economía del regadío que la literatura previa no había considerado. Con la nueva realidad encima de la mesa, los retos que hay que enfrentar hoy son radicalmente distintos, de ahí la necesidad de reunir los 23 capítulos, y recabar el esfuerzo de nada menos que 49 investigadores, que desarrollan su labor en 16 instituciones diferentes pertenecientes a ocho comunidades autónomas.

Esta labor de síntesis ha sido posible gracias a la colaboración de una buena parte de los grupos de investigación existentes en España que trabajan en economía del agua de riego, y que se han constituido en la *Red Científica de Economía del Agua de Riego* (ECORIEGO). De esta forma, esta obra colectiva, surgida de esa red de investigadores, pretende constituir un compendio del avance científico realizado en esta materia sobre la base de numerosos proyectos de investigación, publicaciones y comunicaciones en con-

gresos científicos, dando así cumplimiento a uno de los principales objetivos de ECORIEGO, que no es otro que difundir los resultados de tantos esfuerzos de investigación entre la sociedad en su conjunto y mostrar a un público amplio y diverso (administraciones gestoras del agua, organizaciones profesionales agrarias, técnicos de comunidades de regantes, organización ambientalistas, investigadores y estudiantes universitarios de grado y postgrado, etc.) la utilidad que pueden tener para solucionar los problemas que afectan al regadío y a la gestión del agua en general.

El valor añadido fundamental del presente capítulo es resumir lo más importante de los capítulos precedentes y completar la síntesis con un epígrafe final en el que se enumeran las conclusiones que gozan de mayor consenso entre los autores, así como los puntos en los que hay visiones divergentes. Con este propósito, el capítulo se ha estructurado siguiendo el mismo orden con que se han organizado las distintas partes que conforman la obra.

## 2. El Marco Normativo: la Directiva Marco del Agua y sus implicaciones económicas e institucionales

La Parte I del volumen se ha dedicado a analizar las implicaciones de la DMA en el regadío español, incidiendo en sus aspectos económicos y reflexionando sobre los retos futuros de las entidades colectivas de riego en el exigente marco ambiental y económico que plantea esta norma fundamental.

De acuerdo con Avellà *et al.*, (**Capítulo 1**), el mayor logro alcanzado con la aprobación de la DMA es que el agua se considere en la Unión Europea como un activo ecosocial; esto es, un bien patrimonial que hay que conservar y cuya consideración como un bien comercial no tendría cabida. Así, su valor no se define exclusivamente por su productividad económica, sino también en razón a sus características intrínsecas, cualitativas y cuantitativas (lo que se ha dado en llamar el "estado ecológico" de las masas de agua). Del **Capítulo 1** debe concluirse que la DMA es una directiva estrictamente medioambientalista, muy ambiciosa en sus objetivos, pero ambigua y excesivamente teórica en muchos de sus aspectos prácticos. De estas características derivan gran parte de las dificultades que entraña su implementación, muy especialmente en los países mediterráneos como España, donde la problemática del agua es más de tipo cuantitativo (disponibilidad de recursos y conflicto entre sectores económicos y territorios por su uso) que cualitativos (contaminación del recurso).

En España, además de su carácter mediterráneo, gravitan otras razones sobre el esfuerzo que supone el desarrollo de la DMA, que guardan relación con las reformas institucionales que deben adoptar las administraciones competentes: es preciso alcanzar una mayor integración de todas las políticas territoriales, urbanísticas y sectoriales con la política de aguas, lo que exige a su vez conseguir un alto grado de concertación entre las administraciones implicadas (central, autonómica y local). Del **Capítulo 1** parece concluirse que la DMA no es la pieza legislativa que mejor se adapta a la compleja realidad española.

Gómez-Limón (**Capítulo 2**) analiza las implicaciones de la DMA para la agricultura de regadío. Nos recuerda que la implementación de la DMA exige la elaboración de unos nuevos planes hidrológicos para las demarcaciones hidrográficas, que ha de tener como objetivos la consecución del buen estado de las aguas, la satisfacción de las demandas de recursos hídricos y el equilibrio del desarrollo socioeconómico con el medio ambiente. Los planes se articulan integrando los denominados "programas de medidas", cuya aplicación incidirá especialmente sobre la agricultura de regadío, y de manera más intensa en aquellas zonas regables donde los objetivos de producción económica y de mejora de calidad ecológica entran en mayor conflicto, tanto por razones de escasez como de contaminación de masas de agua. Inevitablemente, su implementación acarreará nuevas exigencias (costes) para el sector del riego, lo que necesariamente deberá traducirse en nuevas formas de producción (cambios tecnológicos y de orientaciones productivas) más eficientes y sostenibles.

El desarrollo de estos nuevos planes hidrológicos supone un verdadero reto para las administraciones hidráulicas, en la medida en que deben conseguir el buen estado de las masas de agua sin que ello comprometa la rentabilidad económica del regadío. En caso contrario, de acuerdo con el **Capítulo 2**, la viabilidad económica y social de buena parte de las zonas regables del país estaría amenazada. Con este propósito, posiblemente, habrá que proponer algunas exenciones en la consecución de objetivos en las zonas regables más degradadas del sur y levante peninsular y plantear algunas excepciones en la aplicación del principio de recuperación de costes en los regadíos del interior). En este sentido, la nueva planificación hidrológica debe plantearse como una constante búsqueda de soluciones de compromiso entre objetivos ambientales y objetivos socioeconómicos, una exploración que el **Capítulo 2** estima más viable o posible de lo que la lectura del **Capítulo 1** sugiere.

Uno de los aspectos de la DMA que más se desvían, quizá, de la tradicional planificación hidrológica en España, es la importancia que la primera otorga al análisis económico. Este es justamente el tema que Berbel *et al.*, se proponen analizar en el Capítulo 3. El análisis económico, según establece la DMA, debe aplicarse a la caracterización económica de los usos del agua, la contabilidad analítica (recuperación de costes) y los análisis coste-eficacia y coste-beneficio (para la selección del programa de medidas). Este capítulo se centra en estas dos últimas técnicas, que suponen un avance importante en la legislación ambiental. No obstante, su utilización puede no ser la más adecuada en contextos naturales y sociales tan complejos como los que rodean a la gestión del agua. Entre las críticas que el **Capítulo 3** enumera destacan las siguientes:

1. Se trata de procedimientos y métodos de análisis que, hasta el momento al menos, se han aplicado ignorando la *incertidumbre* a las que están sujetos los costes, los impactos o los beneficios de las medidas.
2. La aplicación del *principio de efectividad* de costes plantea problemas al proponerse de forma lexicográfica; esto es, tratando de alcanzar un fin principal (ambiental, orientado al buen estado de las masas de agua), y sólo cuando esa meta se alcanza, se intenta lograr un objetivo secundario de tipo económico, como es la minimización de los costes. De esta manera, no se trata de buscar soluciones "equilibradas" entre los objetivos, analizado los *trade-offs* entre ellos. Esas soluciones sólo son investigadas para el caso de "costes desproporcionados", recurriendo a un análisis coste-beneficio.
3. La *dificultad de implementación* a gran escala del análisis económico, como propone la DMA para cada medida y cada masa de agua. Efectivamente, los costes en tiempo y recursos del análisis requerido (contabilización de costes, estimación de presiones y/o impactos de las medidas) resulta muy elevado, a no ser que se cuente con una metodología de análisis en la que los problemas sean examinados de forma más sistematizada y estandarizada.
4. La aplicación de la metodología es susceptible de *valoraciones subjetivas*, en la medida que la apreciación sobre si se incurre o no en "costes desproporcionados" para lograr los objetivos de calidad en una masa de agua, no está exenta de las valoraciones de los decisores públicos.

El **Capítulo 3** constituye, por tanto, una seria advertencia a quienes crean a pies juntillas los resultados del análisis coste-eficacia y los interpreten de manera acrítica. Sin embargo, desestimar por completo el examen de los costes de cualquier medida es sin duda el peor camino a seguir para seleccionar el mejor y más eficaz programa de medidas, adaptado a las necesidades de cada cuenca.

En todo lo que concierne al regadío, destaca un actor de extraordinaria importancia social, económica y ambiental: las entidades de riego en común. Sanchís *et al.*, abordan en el **Capítulo 4** su análisis y reflexionan sobre su papel en los próximos años. En efecto, la gestión colectiva del agua de riego, realizada especialmente a través de las comunidades de regantes, cuenta con una larga tradición en España. Esta dilatada experiencia muestra la utilidad de estas instituciones en relación con la gestión racional del recurso (organización interna para la distribución del agua, mantenimiento de infraestructuras de riego y recaudación de cánones y tasas) y, sobre todo, en términos de minimización de conflictos entre usuarios. Las comunidades de regantes en España se han convertido en un referente internacional de la gestión colectiva del agua de riego.

En todo caso, es necesario destacar que este tipo de gestión ha estado siempre unida al concepto de agua como bien público. Por este motivo, el mayor desarrollo de las comunidades de regantes se ha realizado en las zonas regables con aguas superficiales, recursos considerados históricamente de titularidad pública. Todo lo contrario ha ocurrido con las aguas subterráneas, que tradicionalmente (hasta la aprobación de la Ley de Aguas de 1985) se habían considerado de titularidad privada. En los regadíos con recursos subterráneos, el carácter privativo de los derechos ha provocado que la gestión comunal apenas se haya desarrollado, lo que ha dado lugar a serios problemas de sobre-explotación en muchos acuíferos. En esta línea, concluye el **Capítulo 4**, los mayores retos a los que se enfrentan las comunidades de regantes en la actualidad son: (a) la adaptación de su modelo de gestión comunal de las aguas subterráneas; (b) la concentración en entidades de mayor tamaño, al objeto de superar la excesiva atomización actual (tamaño medio de las comunidades de regantes muy reducido) y permitir una gestión más moderna, eficaz y tecnificada; y (c) una mayor integración con otros usuarios agrarios y no agrarios (constitución de comunidades generales y juntas centrales), al objeto de facilitar la gestión del recurso a niveles geográficos de mayor escala (subcuencas hidrográficas), ayudando a superar así rivalidades históricas.

### 3. Economía de los factores productivos: tierra, capital y trabajo

La Parte II de la obra ha analizado la evolución de la agricultura de regadío en las últimas décadas y, en particular, el comportamiento de la productividad y la influencia que los factores básicos de producción han podido tener en esa dinámica de cambio.

El **Capítulo 5**, de Gil *et al.*, presenta un análisis de la productividad de la tierra de regadío y del agua, tomando como unidad de análisis la provincia y como base de información los Anuarios de Estadística del MARM. El análisis dinámico de la productividad del regadío muestra, en líneas generales, que durante el período 1996-2006, las producciones por unidad de superficie y metro cúbico de agua en la mayoría de provincias han seguido una evolución ascendente. No obstante, el comportamiento de las diferentes cuencas hidrográficas y demarcaciones españolas no ha sido homogéneo. Así, las provincias que partían de unos niveles de productividad muy elevados, como Almería, Málaga o Murcia, sólo han mejorado levemente sus resultados, mientras que otras en las que las técnicas de cultivo o de riego estaban menos desarrolladas, como algunas del alto Guadalquivir, castellano-manchegas o del alto Ebro, han experimentado un crecimiento muy notable. Entre los factores que explican ese comportamiento asimétrico, cabe destacar los siguientes: (a) la existencia de límites físicos a los incrementos de productividad, que han impedido que las provincias más avanzadas pudieran mantener los ritmos de crecimiento de años anteriores; (b) la extensión del regadío a cultivos a los que anteriormente no se aplicaba agua de riego (viñedo y olivar), que ha permitido que algunas provincias del interior mejoren muy apreciablemente sus resultados; y (c) los avances en los sistemas de riego, sobre todo, la introducción generalizada de tecnologías de riego localizado, que ha incrementado notablemente la eficiencia con la que se utilizan los recursos hídricos. Por otra parte, el análisis pone de manifiesto, como cabía esperar, que la disponibilidad de agua ha influido inversamente en la productividad del recurso, y que la mayor presencia de cultivos protegidos por la PAC en una provincia, como cereales y oleaginosas, ha incidido negativamente en la productividad de la tierra. Esto último sugiere, quizá, que el anterior sistema subsidios ha podido generar efectos perversos en las decisiones de cultivo de los agricultores, que no han respondido con agilidad y eficacia a los cambios en las condiciones técnicas de producción o en la demanda.

En suma, el análisis dinámico del comportamiento de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español entre 1996 y 2006, presentado en el **Capítulo 5**, revela que los cambios que están teniendo lugar en las condiciones técnicas de producción -incluidos los sistemas de riego- y en la demanda de agua, junto a las transformaciones

institucionales, sobre todo la reforma de la PAC, están contribuyendo a que la imagen del regadío a lo largo y ancho de la geografía española no se corresponda con una foto fija, surgiendo así posibilidades de explotación rentable de la tierra en nuevas zonas regables, al mismo tiempo que se agotan las oportunidades en zonas de más tradición. Todo ello, lógicamente, debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar la política de distribución territorial de los recursos hídricos, que debe ganar en cotas de flexibilidad para adaptarse con rapidez a las condiciones cambiantes del entorno en que se desarrollan las actividades agrarias.

Ligada íntimamente a los cambios de productividad de tierra y agua está la estructura de las explotaciones agrarias. Ortiz Miranda y Moreno Pérez abordan en el **Capítulo 6** la transformación estructural que ha experimentado el sector agrario desde que España ingresó en la Unión Europea y comenzó a aplicarse la PAC, con especial atención al tamaño de las explotaciones. Si en una primera etapa la concentración y el aumento del tamaño medio de las unidades de producción se produjeron mayoritariamente en las explotaciones orientadas a cultivos extensivos, desde comienzos del nuevo siglo han sido las explotaciones de regadío -las más intensivas- las que en mayor medida han acelerado su proceso de redimensionamiento. Por tipos de cultivo, destacan los ajustes que se han producido en hortícolas y cítricos, junto al olivar y el viñedo. En estos últimos casos, tradicionalmente considerados de secano, el regadío ha pasado a desempeñar, al menos en ciertas zonas geográficas, un papel de primera importancia. La intensidad con la que ha tenido lugar este proceso pone de relieve la existencia de una estrategia clara de expansión de negocio por parte de agricultores y empresas agrarias, que han recurrido crecientemente al arrendamiento como una vía rápida y eficaz de aumento de la dimensión de las explotaciones.

El perfil temporal que se observa en los procesos de redimensionamiento de las explotaciones agrarias españolas, como un mecanismo que permite aprovechar economías de escala, ha sido el que cabía esperar: comenzó con las explotaciones menos rentables, las más extensivas, las que necesitaban con más urgencia una mejora sustancial de los niveles de eficiencia y, poco a poco, se fue extendiendo a otro tipo de orientaciones, en un principio más rentables y, por tanto, menos expuestas a la presión negativa que ejercían las ineficiencias de escala. De acuerdo con esa tendencia, y teniendo en cuenta el tamaño medio que actualmente tienen las explotaciones de regadío en España (menos de seis hectáreas), es previsible que el proceso de redimensionamiento continúe en los próximos años, sobre todo, en aquellas comarcas o regiones en las que la atomización productiva es más acentuada.

En cualquier caso, el **Capítulo 6** sugiere que el proceso de reestructuración de las explotaciones agrarias no sólo deriva de la necesidad de alcanzar mayores cotas de eficiencia, porque, aunque su impacto aún quede lejos de estar meridianamente claro, parece razonable pensar que la acumulación de capital físico y humano que ha tenido lugar en la agricultura española en las dos últimas décadas, o la presión que han ejercido los usos alternativos del suelo, sobre todo en zonas del litoral, también han podido influir en esos procesos de redimensionamiento.

Otro factor, ya mencionado, que explica los aumentos de productividad en regadío es la adopción de avances tecnológicos, que es el objeto de Alcón *et al.*, en el **Capítulo 7**. Junto a la tierra, el capital y el trabajo -los tres factores básicos de producción- el uso de la tecnología contribuye también a explicar la evolución de la agricultura de regadío española en las últimas décadas. En particular, debido a la escasez creciente de recursos hídricos en una buena parte de la geografía peninsular, la adopción de tecnologías ahorradoras de agua ha tenido, sin duda, una influencia de primer orden en el comportamiento reciente del sector. En 2008, casi la mitad de la superficie regada nacional disponía ya de sistemas de riego localizados, y en aquellas comunidades autónomas en las que los recursos son más escasos (Murcia, Andalucía, algunas zonas de la Comunidad Valenciana y Canarias), la importancia de estas técnicas de riego alcanza el 75% de la superficie. En cualquier caso, aún queda mucho por hacer en este campo. El estudio de las causas que explican la adopción y difusión de tecnologías ahorradoras de agua en las explotaciones agrarias muestra que la escasez de recursos hídricos, los precios del agua, las restricciones de capital de las unidades de producción, la cualificación de la mano de obra, los costes de aprendizaje de las nuevas tecnologías y la aversión al riesgo de los agricultores, son algunos de los factores que más influyen en este tipo de decisiones, y deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar políticas que persigan la implantación acelerada de estas tecnologías.

Finalmente, Molina y Marzo abordan en el **Capítulo 8** el mercado de trabajo en el medio rural, tomando como caso de estudio los regadíos intensivos del sudeste peninsular. Desde que España se incorporó a la Unión Europea, la desagrarización de su economía, entendida como un proceso por el cual la agricultura va perdiendo importancia relativa tanto en términos de VAB como de empleo, ha mantenido una tendencia similar a la que se venía produciendo en la UE desde principios de los años sesenta. Actualmente, el sector agrario ocupa a unas 900.000 personas (frente a 1.950.000 en 1985), lo que supone algo más del 4% de empleo nacional. El regadío, no obstante, ha conseguido mantener en

buena medida el nivel de empleo, particularmente en zonas del sureste (desde Málaga a Alicante), en las que la agricultura intensiva de invernadero se ha extendido rápidamente. Esta agricultura bajo abrigo, además, presenta un comportamiento muy diferente al resto de la agricultura española en lo que al uso del factor trabajo se refiere. En efecto, en este subsector, la edad media de los trabajadores es sensiblemente menor, mientras que la tasa de asalariados sobre el empleo total y el nivel de cualificación de la mano de obra son notablemente mayores.

Desde otra perspectiva, el empleo de mano de obra inmigrante en la agricultura de regadío es también muy importante. Y todo ello revela que las explotaciones agrícolas intensivas están generalizando el uso del factor trabajo con criterios marcadamente empresariales, tendentes a maximizar el rendimiento de las explotaciones. Este comportamiento, no obstante, se enfrenta a algunas dificultades importantes, entre las que podrían destacarse la falta de especialización de una parte sustancial de la mano de obra agraria y la estacionalidad de las actividades productivas, que en última instancia determinan la inestabilidad de los vínculos laborales que se observan en el sector. Tal vez, a la luz del **Capítulo 8**, el hecho de que el mercado de trabajo en la agricultura dependa del trabajo asalariado eventual constituye el principal freno para seguir mejorando su productividad y aumentando su dinamismo.

El análisis trazado en los párrafos anteriores no puede, en modo alguno, ser omnicompreensivo de la evolución reciente de la agricultura de regadío en España. Son muchas las causas, las implicaciones y los perfiles, cuya explicación no se agota con el estudio del comportamiento de los factores de producción. En este sentido, las Matrices de Contabilidad Social y Medioambiental, basadas en el análisis input-output, permiten ahondar en el análisis y dibujar una imagen distinta de la importancia que tiene el sector agrario y el uso del agua en un determinado territorio. Sánchez Chóliz *et al.*, (**Capítulo 9**) han analizado las relaciones intersectoriales y los efectos de arrastre hacia adelante y hacia atrás de la agricultura de regadío. De esta forma, la importancia económica del sector se visualiza a través de su contribución macroeconómica -en términos de VAB o de empleo-, siendo sensiblemente mayor a lo que muestran sus cifras de aportación directa. Así, en el caso de la economía aragonesa, que se toma como caso de estudio en el capítulo, la fuerte imbricación de la agricultura en el complejo agroalimentario hace que el sector primario se comporte como una pieza clave para el desarrollo equilibrado de la región. Por otra parte, los flujos intersectoriales de agua, que están detrás de las relaciones económicas entre las diferentes ramas productivas, revelan que no sólo la agricultura

es un gran consumidor de recursos hídricos, sino que otras actividades, como los servicios turísticos, son también responsables de la creciente demanda de agua. Asimismo, este capítulo muestra que Aragón es exportadora neta de recursos hídricos, a través de las relaciones comerciales que se establecen con el resto de España y del mundo.

Los resultados expuestos en el **Capítulo 9**, muy probablemente, pueden extrapolarse al conjunto de regiones y comunidades autónomas españolas, y deben tenerse en cuenta cuando se diseñan y ejecutan políticas de planificación y gestión de los recursos hídricos.

## 4. Escasez, asignación e instrumentos económicos

La Parte III de la obra trata de la escasez de los recursos hídricos y los instrumentos económicos que se pueden emplear para mejorar su gestión.

Iglesias y Quiroga, en el **Capítulo 10**, revisan los avances más recientes sobre los impactos del cambio climático y analizan sus implicaciones sobre la gestión del agua y la agricultura de regadío. Indudablemente, el cambio climático es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta el mundo. Los modelos de simulación del clima predicen un calentamiento global de 2 a 5°C a finales del siglo XXI, así como un aumento de las precipitaciones anuales del orden del 5 al 25%. Sin embargo, la distribución espacial de estas alteraciones climáticas será muy variable, y los modelos existentes coinciden en proyectar disminuciones generalizadas de las precipitaciones en España, acompañadas de un aumento del riesgo de sequía, que será especialmente importante en la región Mediterránea. Este incremento de los periodos de sequía puede tener un impacto decisivo en la disponibilidad de recursos hídricos, por lo que la adaptación a las consecuencias del cambio climático adquiere cada vez mayor relevancia. La planificación y la gestión resultan así claves para frenar la intensificación de los conflictos por el uso de los recursos hídricos. En este sentido, el desarrollo y aplicación de medidas orientadas a disminuir la vulnerabilidad de los ecosistemas, como por ejemplo la desalación o reutilización del agua, tendrán un papel crucial en el futuro.

El **Capítulo 10** resume los cuatro pilares de la Política Europea en este campo (Libro Verde de la Adaptación al Cambio Climático en Europa: Opciones de actuación para la UE (COM (2009) 387/2 2009). El Primer Pilar es la alerta temprana de la UE en las siguientes líneas prioritarias: integración de la adaptación de las políticas actuales y futuras, en

especial de los vigentes programas comunitarios de financiación, y el desarrollo de nuevas respuestas políticas. El Segundo Pilar se centra en la adaptación integrada de las políticas exteriores de la UE, con especial interés en los países menos desarrollados. El Tercer Pilar pivota en torno a la reducción de la incertidumbre, mediante la transferencia del conocimiento a través de la investigación sobre el clima. Finalmente, el Cuarto Pilar incluye la participación de la sociedad europea, las empresas y del sector público en la preparación de las estrategias de adaptación de forma coordinada y global. Este último pilar se centra en concienciar a la sociedad sobre los cambios necesarios a realizar para adaptarse al cambio climático. La historia ha mostrado la gran capacidad de la agricultura para adaptarse a los cambios del clima y entorno económico, pero la capacidad de respuesta puede multiplicarse mediante nuevas infraestructuras, mayor disponibilidad de recursos no convencionales y una mejor regulación del sector.

En los últimos años, la escasez de agua se ha examinado desde una óptica global, trascendiendo las cuencas hidrográficas y las fronteras políticas. Además del cambio climático, el comercio de mercancías ha constituido un vehículo para conectar la escasez del agua con la globalización. El **Capítulo 11**, de Cazcarro *et al.*, contiene una presentación de los conceptos de "agua virtual" (AV) y "huella hidrológica" (HH) que tantos estudios han inspirado en los años más recientes. El AV hace referencia a la cantidad de agua que ha sido necesario utilizar para producir un determinado bien, mientras que la HH relaciona el total de agua usada para producir los bienes y servicios consumidos por un individuo o comunidad. De ellos se desprenden diversas conclusiones prácticas para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos. En primer lugar, España es importadora neta de agua virtual, lo cual indica que el consumo de agua excede los recursos interiores empleados. No obstante, la escasez del recurso no es el único factor determinante del comercio de agua virtual, puesto que la exportación de determinados productos que utilizan gran cantidad de agua no decrece en años menos lluviosos. En segundo lugar, el elevado valor de la huella hidrológica conduce a pensar que se puede reducir más el consumo de agua con cambios en la dieta alimenticia que con ahorro de agua en el hogar, cuestión sobre la que el consumidor probablemente no tiene una idea, ni siquiera aproximada.

Cuando se integra la calidad del agua en el análisis de los procesos productivos de las actividades agroalimentarias, se concluye en el **Capítulo 11**, para el caso de Aragón y aplicando la metodología de tablas input-output, que son dichas actividades las primeras responsables de la contaminación hídrica, por la demanda biológica de oxígeno, los nitratos y los sólidos en suspensión.

El **Capítulo 12**, de Novo *et al.*, presenta los resultados del primer y único estudio empírico realizado hasta el momento en España sobre la huella hidrológica y el comercio de agua virtual. El uso consuntivo de agua de la agricultura representa el 80% del consumo total de agua en España, estabilizándose en torno a 25.000-30.000 hm<sup>3</sup>/año. En estos últimos años, el comercio agrario ha experimentado un crecimiento gradual, que ha llevado a un incremento paralelo en el comercio del agua virtual. En particular, España es "exportadora" neta de agua virtual a través del comercio de productos ganaderos, mientras que es fuertemente "importadora" neta de agua virtual a través del comercio de cereales y de las materias primas para la elaboración de piensos.

Este trabajo pone también de manifiesto una gran variabilidad entre cuencas hidrográficas en cuanto al uso del agua, la productividad, la "huella hidrológica" y el comercio de agua virtual. Sin embargo, la brecha de productividad entre las regiones mediterráneas y de interior ha ido disminuyendo, debido a la expansión de cultivos como el viñedo o el olivar en las regiones interiores. El valor económico de las "exportaciones" de agua virtual varía significativamente a lo largo del tiempo. No obstante, la escasez de agua no permite explicar las variaciones observadas del comercio de agua virtual, siendo éstas más dependientes de las condiciones naturales de base (clima), especialmente en las provincias mediterráneas. El comercio del agua virtual es, por tanto, una condición necesaria pero no suficiente para una mejor gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, para un país semiárido como España, la importación de materias primas agrarias, cereales y soja (en torta o en haba de soja), es una vía directa, asequible y sencilla para reducir la demanda de agua del regadío y concentrar los recursos escasos en las producciones de mayor valor económico.

El **Capítulo 13**, realizado por Goetz *et al.*, abre un conjunto de temas que abordan en esta obra el problema de la asignación del agua y el empleo de instrumentos económicos. En situaciones en las que los mercados de agua no se pueden introducir o desarrollar, una alternativa para mejorar la gestión de los recursos hídricos puede ser la utilización de reglas de asignación propuestas en el marco de la Teoría de la elección social, que son menos vulnerables a comportamientos estratégicos. El **Capítulo 13** simula la aplicación de distintos métodos de reparto, sobre una zona de regadío de la cuenca del Ebro. Además del actual sistema proporcional, se utilizan reglas de reparto uniforme y secuencial, y se comparan con la introducción de un mercado competitivo, a fin de conocer niveles de eficiencia alternativos. Los resultados permiten concluir que la regla secuencial es la que produce menores pérdidas de eficiencia, e incluso puede representar una buena alternati-

va al mercado cuando los precios del agua son altos y la heterogeneidad entre las explotaciones es mayor. Además, cuando la dotación está en un rango de valores habitual, la regla uniforme conduce a pérdidas de eficiencia más moderadas que la regla proporcional.

El **Capítulo 13** subraya dos ventajas de las reglas de reparto propuestas. En primer lugar, con respecto a los posibles costes de transacción derivados de la transición del cambio en el mecanismo de reparto, las reglas sociales presentan la ventaja de preservar la estructura organizativa y el funcionamiento general de las actuales comunidades de regantes, por lo que no existen costes de negociación que son inherentes a la introducción de mercados de agua, ni tampoco supone una modificación en la definición de los derechos de agua con respecto a la situación actual. Además, el algoritmo de implantación de las reglas sociales propuestas carece de complejidad técnica. En todo caso, los autores sugieren que reglas de reparto similares sean probadas en zonas regables de reciente creación.

Los cuatro capítulos que completan la Parte III del volumen analizan la aplicación de tarifas y mercados de agua.

Bielsa *et al.*, (**Capítulo 14**) abordan el análisis de los aspectos financieros y tarifarios de la DMA. De un lado, la Directiva plantea la recuperación de los costes con carácter instrumental y no finalista. Ello es así en la medida que resulta un instrumento para la aplicación del principio del que contamina o se apropia de recursos naturales debe pagar por ello. Los costes a los que hace referencia en la DMA comprenden los costes ambientales, los costes del recurso, y los costes financieros del servicio del agua, entendidos estos como los desembolsos realizados por el sector público en la provisión de los servicios del agua. La DMA plantea la suficiencia financiera como forma de preservar el recurso, en la medida que los bajos precios (subvencionados) no reflejan su escasez real, y por tanto, conducen a un uso no eficiente. Es importante resaltar el vínculo que la DMA establece entre precios insuficientes y mal estado de conservación del recurso.

El análisis del **Capítulo 14** evidencia cómo el régimen económico-financiero del agua actualmente en vigor, aprobado en la Ley de Aguas de 1985, no cumple con las exigencias de recuperación de costes establecidos en la DMA. El régimen de aplicación al caso del regadío se articula en las figuras del Canon de Regulación (CR) y la Tarifa de Utilización del Agua (TUA), instrumentos por los cuales el Estado pretende recuperar los capitales invertidos en las obras de regulación (embalses) y las infraestructuras de riego (canales y

acequias), respectivamente. Sin embargo, un análisis más preciso de los supuestos de cálculo de las anualidades de ambos tributos revela que la no consideración de la pérdida de valor del dinero a lo largo del tiempo impide cumplir con el principio de recuperación establecido. Efectivamente, de acuerdo a los cálculos presentados en el Capítulo 14, si la inflación fuera nula, se estima que sólo se recuperaría el 52% de las inversiones en obras específicas de regadío a través de la TUA en los 25 años establecidos por la normativa, y el 102% de las inversiones en obras de regulación a los 50 años a través del CR. Si se tuviese en cuenta el efecto de la inflación, estos porcentajes de recuperación resultan sensiblemente inferiores. Así pues, estos resultados revelan que la supuesta recuperación de los costes financieros mediante la aplicación de la norma en vigor que se esgrime en los cálculos de las confederaciones hidrográficas está lejos de ser una realidad. Finalmente, en el **Capítulo 14** se pone de manifiesto cómo el "interés general" sigue desempeñando un papel clave a la hora de establecer el porcentaje del coste que el Estado no repercuta por considerarse servicios públicos, como laminación de avenidas. La discrecionalidad en la aplicación de este criterio introduce una alta variabilidad en la proporción de la inversión que finalmente recupera el Estado y, en última instancia, el contribuyente.

El **Capítulo 15**, de Pujol *et al.*, presenta un estudio sobre la recuperación de costes en la Cuenca del Júcar, de acuerdo con lo establecido en la DMA, mostrando que el porcentaje de recuperación de costes es muy elevado, debido a que los usuarios son propietarios y gestionan la mayor parte de las infraestructuras. Generalizando al territorio español, se puede observar cómo los costes ambientales y del recurso no están definidos con claridad y su cálculo y aplicación puede resultar bastante complejo. De ahí que el coste de recopilación de la información, en determinados casos, podría llegar a ser mayor que los beneficios esperados de la aplicación de tarifas para su recuperación.

Los efectos de estas tarifas pueden ser muy diversos en función de la zona y el tipo de agricultura. Por ejemplo, en zonas del interior es previsible un impacto mucho mayor sobre la reducción del consumo de agua que en la agricultura intensiva mediterránea. No obstante, la evolución de la productividad que muestra el **Capítulo 5** podría cuestionar la generalización a todas las zonas de interior, especialmente a la vista de los resultados en grandes zonas del alto Ebro, medio Guadiana e, incluso, alto Júcar. A ello habría que añadir los altos precios del agua verificados en los contratos de cesión celebrados en los últimos años, en los centros de intercambio y en las Ofertas Públicas de Adquisición de Derechos, como se recoge en el resumen del **Capítulo 16** que se presenta a continuación.

Este capítulo, obra de Calatrava y Gómez Ramos, aborda la cuestión de los mal llamados mercados de agua, atendiendo a las principales conclusiones de la literatura y resumiendo lo más relevante de la experiencia española. Efectivamente, las políticas de gestión del agua para usos agrarios más tratadas en la literatura española son la modernización de regadíos, la tarifación del agua y la introducción de mercados. Numerosos trabajos han evaluado el potencial de los mercados de agua para la asignación de los recursos hídricos en España como fundamento de una nueva política de gestión centrada en la demanda. Desde el punto de vista de la teoría económica, los mercados de agua son los que proporcionan la solución más eficiente. Sin embargo, el carácter acentuadamente normativo de la mayor parte de los estudios muestra un distanciamiento de la realidad hidrológica, institucional y cultural de la agricultura de regadío en nuestro país.

Como muestra el **Capítulo 16**, las experiencias de intercambio llevadas a cabo en España en los últimos años ponen de manifiesto que la literatura sobreestima las ganancias derivadas del intercambio cuando se consideran los precios pagados por el recurso. La evaluación de estas experiencias sugiere cuáles son las mayores disfunciones y necesidades de regulación para incrementar la eficiencia y seguridad de los mercados del agua, así como sus beneficios medioambientales.

Entre las posibles mejoras o extensiones del vigente marco regulador, figuran los contratos de opción. Explicar cómo podrían funcionar y cómo podrían diseñarse es el objeto central del **Capítulo 17**, de Garrido y Gómez Ramos. Es un hecho incuestionable que la agricultura de regadío es especialmente vulnerable a la incertidumbre sobre la disponibilidad de recursos, especialmente en aquellos cultivos donde la productividad es más sensible al estrés hídrico. Como se ha visto, una de las consecuencias del cambio climático es la mayor variabilidad en la disponibilidad de recursos, por lo que los mercados pueden verse como instrumentos potenciales de gestión de la sequía. Las cesiones de derechos o ventas de agua son instrumentos que aportan flexibilidad en el manejo de los recursos hídricos.

El Capítulo 17 propone la implementación de un centro de intercambio basado en un contrato de opción sobre el agua, como instrumento de gestión que permite un reparto del riesgo más eficiente entre los regantes. El usuario más vulnerable al riesgo de sequía estaría dispuesto a pagar por un derivado que le cubriera las pérdidas que ésta le pudiera causar. Como contrapartida, hay un agente que cobra una prima por asumir ese riesgo. El capítulo profundiza en los detalles del contrato de opción, definiendo sus características, así como las fases que hay que seguir para que éstos sean efectivos y seguros. La idea

central de esta aportación es pensar en un nuevo marco de intercambio que, teniendo plena cabida en la legislación vigente, consiga un reparto eficiente del riesgo hidrológico que afecta de manera más acentuada a los productores con cultivos más vulnerables al riego deficitario, pero más productivos.

## 5. Regadío y política agraria

La Parte IV del libro se centra en las implicaciones que la política agraria tiene sobre el regadío y las políticas de gestión del agua, así como en las relaciones que existen entre el regadío y las políticas territoriales y de desarrollo rural.

Los sucesivos cambios de orientación de las políticas de sostenimientos de rentas agrarias, basadas en una creciente desvinculación de las ayudas de la producción y mayores exigencias medioambientales, tienen un impacto directo sobre las decisiones de producción de los regantes, especialmente aquéllas que hasta la Reforma del 2003 disfrutaban de mayores subvenciones. Sus implicaciones en términos de cambios en la rentabilidad de los cultivos han derivado en alteraciones en los sistemas de producción, incluyendo la selección de cultivos o la manera en que éstos se producen, lo que explica en gran medida los cambios de productividad presentados en el **Capítulo 6** e, indirectamente, los intercambios de materias primas agrícolas expuestos en el **Capítulo 13**.

El **Capítulo 18**, de Lorite y Arriaza, analiza la evolución de la zona regable del Genil-Cabra en la cuenca del Guadalquivir desde principios de los años noventa. Se trata de una zona representativa de los nuevos regadíos de interior creados en la Cuenca del Guadalquivir con modernas infraestructuras y sistemas de riego, y menores dotaciones de agua que las zonas regables tradicionales. La evolución de la superficie, la rentabilidad y las aplicaciones de agua de los cultivos en esta zona regable muestra un uso más eficiente de los factores de producción. El desacoplamiento parcial de las ayudas introducido por la Reforma de la PAC de 2003, junto a la disminución en la disponibilidad de agua, ha tenido un impacto significativo en términos de reducción en el uso de los insumos, en general, y en el manejo del agua de riego en particular. Este impacto ha sido especialmente evidente en aquellos cultivos más afectados por las reformas. Sin embargo, el uso de técnicas de riego deficitario ha compensado esta reducción, evitando una caída significativa en la producción e incrementando de manera notable la productividad del agua de riego.

De igual manera, es de esperar que el "Chequeo Médico" de la PAC (desacoplamiento total de las ayudas) tenga efectos importantes en los regadíos españoles, especialmente en aquellas zonas especializadas en cultivos herbáceos extensivos, con menores rentabilidades relativas. La reducción de los ingresos puede poner en entredicho la rentabilidad de los cultivos al no cubrir los costes variables de producción, lo que conducirá a la reducción del uso de insumos en general y del agua de riego en particular, tal y como ya ocurrió con la Reforma de la PAC de 2003, o incluso al abandono de algunos cultivos.

El espectacular incremento de la superficie de regadío en España en las últimas décadas se ha debido, en gran parte, a las políticas nacionales de apoyo al desarrollo de nuevos regadíos e infraestructuras hidráulicas bajo un régimen económico-financiero que es, cuanto menos, generoso con el regadío (ver **Capítulo 14**). Sin embargo, no hay que olvidar el papel que han desempeñado las ayudas de la PAC a la hora de expandir la superficie de regadío y contribuir al incremento de la presión sobre los recursos hídricos.

Si, como se ha comentado, los cambios en las políticas agrarias pueden tener impactos significativos sobre la distribución de cultivos y el uso de los factores de producción, incluido el agua, es importante tomarlos en consideración a la hora de analizar los posibles efectos de las medidas de gestión de los recursos hídricos que puedan plantearse. Para Gutiérrez y Gómez (**Capítulo 19**), la adecuada implementación de la DMA requiere contar con escenarios de base sobre la evolución futura de la demanda de agua en la agricultura que permita anticipar la respuesta del regadío a las medidas que se establezcan en futuros procesos de planificación hidrológica. En un contexto de cambios fundamentales en la PAC, no resulta posible construir tales escenarios proyectando tendencias pasadas de evolución de la producción y la tecnología agraria. Las modificaciones de la PAC alterarán de una manera importante los incentivos que condicionan la demanda de agua, a través de menores apoyos públicos a la producción y hacia una mayor dependencia de los precios y oportunidades de un mercado cada vez menos restrictivo. El sentido de dichos efectos es en principio ambiguo: por un lado, la desvinculación de las ayudas a la producción y la consecuente mayor dependencia de los incentivos del mercado pueden reducir la demanda de agua en algunas regiones; por otro, la eliminación de restricciones cuantitativas a la producción agraria (cuotas de producción, retirada de tierras, etc.), pueden incrementar la demanda en regiones con importantes ventajas comparativas no explotadas hasta el momento.

Gutiérrez y Gómez presentan en el **Capítulo 19** algunos resultados obtenidos para las cuencas del Guadalquivir y del Ebro, a partir del modelo MODERE, desarrollado por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente. A partir de los resultados de dicho modelo, los autores tratan de cuantificar el efecto de diversos escenarios de desvinculación de las ayudas de la PAC sobre la demanda de agua y, por tanto, sobre el resultado de políticas de incrementos de las tarifas del agua de riego. Se trata de un modelo de simulación de las decisiones de los regantes en el ámbito comarcal, lo que permite basar las predicciones en información técnica y económica con un cierto grado de desagregación que no puede obtenerse con modelos más globales. El uso de este tipo de instrumentos tiene una larga tradición en el ámbito de la Economía Agraria en general, y de la economía del regadío en particular.

En los casos concretos del Guadalquivir y el Ebro, los autores concluyen que, a pesar de que la política agraria pueda condicionar la distribución de cultivos en las cuencas estudiadas, con los precios actuales del agua, el nuevo escenario derivado del cambio en la PAC no va a suponer grandes variaciones en el uso de este recurso. Sin embargo, bajo los escenarios de mayor desvinculación de las ayudas agrarias, incrementos moderados del precio del agua podrían producir una importante reducción en la demanda de agua y en la renta de los agricultores del Ebro, siendo su efecto menos significativo en el Guadalquivir.

En cualquier caso, si las políticas agrarias dirigidas a la regulación de mercados y al sostenimiento de las rentas pueden tener una importante influencia sobre la demanda de agua por parte de la agricultura de regadío, las políticas dirigidas a la mejora de las estructuras productivas agrarias y al desarrollo de las zonas rurales pueden desempeñar un papel tanto o más importante que aquéllas. A este respecto, Moyano y Garrido reflexionan en el **Capítulo 20** acerca de las implicaciones territoriales de la agricultura de regadío en España, mostrando cómo su extraordinaria diversidad plantea situaciones muy variadas en el escenario actual de la política agraria y desarrollo rural, un escenario donde los recientes desarrollos legislativos sobre desarrollo rural (Reglamento Europeo 1698/2005, Plan Estratégico Nacional, Marco Nacional de Desarrollo Rural, Plan Nacional de Desarrollo Rural, Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural) ofrecen instrumentos adecuados para avanzar en los nuevos planteamientos sobre la gestión de los recursos hídricos.

El **Capítulo 20** analiza también aquellos aspectos de la legislación que ofrecen oportunidades para promover el buen uso del agua en la agricultura e impulsar una adecuada valoración de las implicaciones territoriales de los regadíos. Las cuestiones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos ocupan un espacio importante en la aplicación en España del Reglamento europeo de Desarrollo Rural, recibiendo un tratamiento no sólo agrario sino también territorial, con el objetivo final de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de regadío. Los medios para lograrlo son el ahorro de agua y la optimización de la eficiencia técnica y económica en su uso y, por supuesto, la estrecha vigilancia de los impactos sobre el territorio. A partir de ahí, los autores analizan los tipos de acciones previstas en los distintos ejes del citado Reglamento Europeo que pueden ser eficaces en cada tipo de zona regable, ilustrando el análisis con una serie de ejemplos de zonas regables de Andalucía representativas de muy diferentes realidades y problemáticas, y poniendo de manifiesto el interés de enmarcar dichas acciones en contratos territoriales en el ámbito de la explotación o de la zona regable. Sin embargo, la inclusión de una sola medida de tipo horizontal relacionada en el Marco Nacional de Desarrollo Rural ("Gestión de recursos hídricos", centrada en la mejora y consolidación de regadíos), así como la voluntariedad del uso por parte de las comunidades autónomas de los contratos territoriales, hacen que el aprovechamiento real de las potencialidades del Reglamento 1698/2005 dependa del contenido de los correspondientes programas regionales de desarrollo rural.

## 6. Regadío y medioambiente

Desde el punto de vista ambiental, la agricultura de regadío es una de las actividades que más impactos negativos genera, tanto por la transformación directa del hábitat, como por los impactos derivados de una gestión inadecuada. Pese a estos impactos, tradicionalmente se ha dado mayor importancia a los efectos sociales y económicos y se ha fomentado la expansión del regadío con arreglo a consideraciones de interés general. En esta línea, la Parte V del libro aborda los impactos ambientales de la agricultura de regadío en España, así como los diferentes instrumentos y medidas que pueden utilizarse para mitigarlos.

El **Capítulo 21**, de Oñate, plantea la necesidad de revisar en profundidad la consideración de la agricultura de regadío como una actividad económica de interés general. Recomienda en definitiva ser mucho más selectivo en la aplicación de dicho criterio a las actuaciones de regadío, con una visión social que priorice inversiones en zonas en las que

no existan otras alternativas de desarrollo económico. En dicho capítulo se realiza una revisión de la literatura que pone en evidencia los principales impactos ambientales del regadío en España y se proponen una serie de medidas que permitan armonizarlo con los objetivos de la conservación.

Los principales impactos del regadío estarían relacionados con la contaminación, salinización y sobreexplotación de aguas superficiales y subterráneas, la contaminación y erosión de suelos, la pérdida de biodiversidad por fragmentación, transformación o destrucción del hábitat, la pérdida de calidad del paisaje, la producción de residuos, el consumo energético de la actividad agraria y la intensificación del cambio climático. No obstante, hay que decir que existen sistemas agrarios de regadío, caso del arrozal litoral y de la huerta tradicional, que en opinión del autor son compatibles, e incluso favorecedores del medio ambiente.

En este capítulo se proponen tres grandes grupos de medidas para abordar la problemática ambiental del regadío. En primer lugar, reforzar la legislación para hacer obligatorio el procedimiento de evaluación de impacto ambiental para todos los proyectos de transformación y modernización de regadíos, tanto públicos como privados, así como mejorar el seguimiento y control ambiental de estos sistemas agrarios. En segundo lugar, establecer una moratoria sobre los nuevos regadíos, subvencionados o no, hasta que se hayan aprobado los planes hidrológicos de cuenca. Además, deberían de instaurarse tarifas volumétricas y mecanismos de control en todas las zonas regables, junto con iniciativas para la información y formación de los regantes y la revisión a la baja de las concesiones de agua en las zonas modernizadas con recursos públicos. Finalmente, y en lo que se refiere a la planificación de regadíos, se plantea la necesidad de establecer un nuevo modelo que corrija la sobre-dimensión del actual regadío como vía para cumplir con las exigencias de la DMA, lo que implica integrar de manera adecuada una estimación realista de los recursos disponibles, medidas disciplinarias para el control de la demanda, un análisis económico riguroso de la recuperación de costes y medidas eficaces para el control, corrección y compensación de los impactos del regadío. Asimismo, propone reforzar el papel de la condicionalidad sobre las ayudas del pago único y de desarrollo rural que benefician al regadío, de modo que este mecanismo realmente garantice un nivel básico de respeto medioambiental en las zonas regadas. Por el contrario, se rechaza el uso de medidas agroambientales en el regadío como instrumento compensatorio de pérdidas de renta derivadas del respeto a exigencias emanadas de la legislación ambiental por considerarlo injusto e insostenible.

Uno de los instrumentos fundamentales de la Unión Europea para favorecer la relación entre la agricultura y el medio ambiente son precisamente las medidas agroambientales. En el **Capítulo 22**, Espinosa y Barreiro revisan aquellas medidas agroambientales que, estando o no dirigidas específicamente a los sistemas agrarios de regadío, pueden contribuir a reducir sus impactos ambientales. Entre las que no lo están, destacan aquellas cuyo objetivo es el fomento de la producción integrada o la agricultura ecológica.

Entre las medidas específicamente centradas en la reducción del consumo de agua, destaca el Programa de Compensación de Rentas, establecido en Castilla-La Mancha en 1993, cuyo objetivo era la recuperación de los acuíferos de la Mancha Occidental y del Campo de Montiel. La experiencia del Programa de Compensación de Rentas no fue precisamente exitosa, a pesar de la gran cantidad de recursos invertidos en su aplicación. Dicho programa fue suprimido con la puesta en marcha del Plan Especial del Alto Guadiana, que incluye entre otras medidas la reordenación de los derechos de agua a través de la adquisición por parte del Estado de tierras de cultivo de regadío.

En principio, las medidas agroambientales pueden orientarse tanto a fomentar la provisión de externalidades positivas como a la reducción de las negativas, pese a lo cual, en España se ha dado mayor prioridad a lo primero, y las medidas se han dirigido principalmente a sistemas extensivos de secano. De hecho, el uso de medidas agroambientales para reducir los impactos en términos de contaminación y escasez del regadío está muy cuestionado. El debate se centra principalmente en si debe priorizarse un enfoque de regulación obligatoria, tal y como se propugna en el **Capítulo 21**, o un enfoque de participación voluntaria a través de medidas agroambientales, por las que los agricultores reciben una compensación económica por la provisión de bienes ambientales.

El **Capítulo 23**, de Esteban *et al.*, realiza una valoración crítica de los distintos instrumentos de gestión de aguas subterráneas y superficiales que se han utilizado en España en los últimos años, como también de los propuestos en la DMA para la reducción de los problemas de cantidad y calidad que afectan a los recursos hídricos. Para estos autores, los problemas de escasez y degradación de la calidad no pueden solucionarse a través de las medidas que han propuesto las administraciones española y comunitaria, basadas principalmente en la tarificación del agua de riego y en el uso de los instrumentos de la PAC, especialmente de la condicionalidad de las ayudas. El potencial de la condicionalidad de las ayudas se restringe a los regadíos interiores en los que se cose-

chan los productos continentales hacia los que están orientadas las subvenciones agrarias, mientras que el regadío más intensivo se orienta a cultivos como frutas y hortalizas, cuyos agricultores apenas perciben subvenciones. El incremento de los precios del agua sería un instrumento eficaz para contener la demanda urbana e industrial, pero no la demanda agraria. Los instrumentos económicos del tipo precios del agua y mercados tienen para estos autores una aplicación restringida, por lo que una parte fundamental de la solución al problema ha de pasar por el fomento de instituciones que impulsen la cooperación de los grupos de interés.

El diseño e implementación de medidas eficaces para una gestión sostenible de los recursos hídricos pasaría necesariamente por una mejora sustancial de la información estadística y los conocimientos científicos sobre los recursos superficiales y subterráneos, sus ecosistemas asociados, y los costes de daño ambiental. Sin embargo, aunque se dispusiera de todo el conocimiento necesario, las características de bien público del agua y las externalidades medioambientales asociadas seguirían haciendo compleja la gestión de la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea. Se concluye en el Capítulo 23 que para diseñar medidas de política hay que tener en cuenta el comportamiento estratégico de los grupos de interés relacionados con el regadío, estableciendo incentivos para la cooperación, a fin de alcanzar la conservación de los recursos mediante la acción colectiva.

## 7. Conclusiones

La lectura de los diferentes capítulos antes resumidos ofrece interpretaciones y análisis de muy diversa índole, no siempre coincidentes. Entre las conclusiones que gozan de mayor consenso, pueden destacarse las siguientes:

- El gran reto que supone para el sector del agua en España aplicar estrictamente la DMA, lo que afecta de manera decisiva a la diversidad de sistemas de regadío españoles, sin excepción alguna. La DMA entraña serias dificultades de aplicación por su marcado carácter finalista y su débil dimensión procedimental. En el entorno mediterráneo, los problemas se multiplican, especialmente en España, donde las políticas de aguas se han articulado tradicionalmente en textos legales y mediante modelos de planificación que terminan plasmados en decretos-leyes,

Este enfoque clásico no tiene una aplicación directa si se desea ser fiel al espíritu de la DMA. No obstante, la Instrucción de Planificación aprobada por el MARM en septiembre de 2008, a la cual se han referido algunos capítulos, es fiel al plural enfoque de la directiva y plantea un programa de trabajo que en lo sustantivo es plenamente coincidente con ella. Es la hora, pues, de la creatividad, la innovación y la gestión adaptativa, cuestiones de difícil plasmación en textos legales, siendo más bien las premisas para lograr consensos importantes en cada una de las demarcaciones hidrográficas.

- Es hora también, quizá, de repensar con serenidad el prolijo sistema de intervención sobre el regadío y el mundo rural en general, que tantos costes genera a la sociedad, y cuyos efectos sobre la cantidad y calidad de las aguas, y sobre el medio natural en su conjunto son, en muchos casos, de signo contrario. Más aún, en un contexto como el actual, en el que la globalización de los mercados agrarios emerge como una pieza esencial de la estrategia mundial para reducir las desigualdades entre ricos y pobres. Parece evidente que los incentivos que genera la PAC en cuanto a orientaciones productivas, técnicas de producción y uso de recursos hídricos, chocan frecuentemente con los objetivos de sostenibilidad que propugna la DMA y muchas de las normas ambientales que emanan de la Unión Europea, así como con la liberalización de los mercados agrarios que defiende la Organización Mundial del Comercio. Pero no sólo eso, los programas de ayuda a la agricultura, influyen sobre las decisiones a medio plazo de los agricultores y generan importantes distorsiones en el funcionamiento de los mercados. Así, no es infrecuente que ciertos cultivos reciban ayudas importantes, como sucede actualmente con el olivar, y que esa protección genere excedentes que hacen necesarias nuevas ayudas a fin de "normalizar" los precios. Esas políticas, sobre todo la agraria, absorben más del 50% del presupuesto comunitario, además de una parte importante de los presupuestos nacionales o regionales de los Estados miembros.
- El regadío en España ha experimentado una profunda transformación en los últimos 15 años, en todas sus dimensiones y facetas, desde las sociales y paisajísticas hasta las tecnológicas y agronómicas. Los motores del cambio han sido las políticas de regadío, los cambios en la PAC, la escasez de agua y la innovación y el dinamismo del sector productor. No es posible asignar pesos a la importancia de cada factor, pues han operado de manera simultánea y en procesos retroalimentados.

- El cambio climático y sus implicaciones sobre la hidrología de las cuencas y sobre las necesidades evapotranspirativas constituyen retos cruciales para el regadío, y colosales necesidades de adaptación. Además, se suma la necesidad de reducir el impacto ambiental del regadío. En este sentido, la revolución de los sistemas productivos, de la gestión del agua y del manejo de los insumos agrarios está todavía por producirse. Pero no es arriesgado afirmar que iremos siendo testigos de sistemas productivos cada vez más dependientes de tecnologías avanzadas, lo cual traslada una parte del problema a la gestión eficiente de la energía empleada en el manejo del agua de riego, pues no en vano el uso de sistemas de riego localizados y de aspersión y las conducciones en redes presurizadas han elevado el coste de la energía hasta cotas preocupantes.
- En lo relativo al mercado de trabajo, tanto por cuenta ajena como propia, los cambios tampoco han sido menores. La fuerza de trabajo del sector es mayoritariamente inmigrante y poco cualificada. Las necesidades formativas de esta población son evidentes, pero gran parte del regadío intensivo en mano de obra ha basado y sostiene aún parte de su rentabilidad en los salarios bajos que paga. Sólo con más capital se puede sustituir trabajo, pero el capital necesita más trabajo cualificado para que sea eficiente y productivo, necesidad que no se satisface a día de hoy ni siquiera parcialmente.
- El regadío español se ha integrado aceleradamente en los mercados internacionales, no sólo europeos, y en el complejo agroalimentario nacional. Precisamente su valor trasciende el pequeño porcentaje de contribución al PIB porque suministra las materias primas de una industria agroalimentaria que ha mostrado bastante resiliencia a la crisis económica y ha mantenido su pujanza. Las importaciones de materias primas, cereales, piensos y proteaginosas, han permitido liberar tierra y agua que se ha destinado a cultivos como frutas y hortalizas, viña y olivar, proporcionando insumos a la fuerte industria ganadera en la que España es fuertemente exportadora. Es en el contexto global, no sólo comunitario, en el que el regadío español debe situarse para mantener su pujanza y enfrentar el reto del cambio climático y el reto ambiental.
- Muchos aspectos ambientales están relacionados con el regadío, especialmente el lavado de nutrientes y productos fitosanitarios y su transporte hasta los cursos de agua. El control del riego es el medio más eficaz para controlar también la contaminación por nitratos y aumentar la eficacia de las aplicaciones de fertilizantes.

- En otros aspectos, los autores que han contribuido a esta obra ofrecen visiones no coincidentes e incluso claramente antagónicas. Los resumimos en los siguientes puntos:
- El papel que pueden desempeñar instrumentos económicos, concretamente, tarifas y mercados. Hay autores que los desestiman por considerar el agua como un bien público, en cuyo caso sólo caben las soluciones cooperativas entre grupos de interés. Otros, por el contrario, creen que a medida que mejoren los instrumentos de control y medida de los consumos de agua en el regadío, la gestión de la demanda podrá articularse mejor con tarifas, intercambios y precios. Si el control también incluye aproximar los fenómenos de la contaminación difusa a los de contaminación puntual, los instrumentos también podrán articularse con arreglo al impacto provocado por cada regante. También se han propuesto reglas de reparto basadas en la teoría de la elección social, cuyo diseño no exige la cooperación, ni se basa en tarifas o mercados. Estos tres enfoques no son compatibles entre sí; el tiempo dirá si unos u otros han sido capaces de imaginar mejor el futuro.
- Hay también autores muy pesimistas con la aplicación de la DMA al caso español. La imposibilidad de articular sus objetivos en procedimientos reglados o legales de manera inequívoca es lo que da fundamento a esta visión. Para otros autores, la DMA sólo traza un camino que, en buena medida, puede construirse con la idiosincrasia y el saber hacer de cada cuenca o país, sin que ello implique vulnerar su espíritu. La consecución de este desacuerdo posiblemente se traduzca en una panoplia de "criterios" con los que se aplique la DMA en cada demarcación: mucho más ahora que las comunidades autónomas han ido ganando competencias sobre el agua que antes eran exclusivas de la Administración General del Estado. Lo que no parece un escenario probable es que se trate a los regantes de muy diversa forma o con niveles de exigencia excesivamente diferenciados. La unidad de mercado es tal vez el factor que ayudará a mantener criterios no excesivamente dispares.
- Tampoco hay claridad sobre cuál debe ser el papel de la política agraria en lo que afecta al uso del agua, y si la condicionalidad que se diseñe para después del 2013 podría ser un mecanismo que contribuyese a mejorar la eficiencia eco-social del agua de riego. Lo que se ha demostrado a lo largo de las reformas de la PAC desde 1992 hasta la última de 2003, con el pago único casi totalmente desacoplado, es que los regantes tienden a operar menos condicionados por el régimen de apoyos

de la PAC, lo cual a su vez hace más crucial el uso y el acceso al agua. Ello es así porque el desacoplamiento disocia por completo las elecciones técnico-económicas de los derechos a percibir ayudas. La idea tan repetida por autores como Arrojo, Aguilera Klink o Schmidt en diversos foros y debates, según la cual la demanda de agua para el riego remitiría en cuanto la PAC dejara de subvencionar directamente las producciones ha sido claramente refutada por la realidad. Antes al contrario, la implantación del pago único y la mayor libertad de los productores ha aumentado la importancia de disponer de agua para riego en un entorno de mercados cada vez más profesionalizados y en los que la calidad del producto cosechado es mejor remunerada. En consecuencia, si no se ponen tarifas sobre el agua de riego, no se activan y dinamizan los mercados de agua, y no se revisan las concesiones para adecuarlas a la realidad de cada zona, sólo quedará la condicionalidad como elemento de gestión en las zonas donde sea aplicable, que es precisamente en las zonas donde el agua es más abundante o los cultivos menos rentables. En las zonas en las que los pagos de la PAC no son importantes, los programas de medidas deberán contener las estrategias más adecuadas para adaptar el consumo de agua y los impactos del regadío a los objetivos de calidad que se fijen para el primer período de planificación de la DMA.

## Referencias bibliográficas

- Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M., Varela-Ortega, C. e Iglesias, E. (1998). *Economía y Política de gestión del agua en la agricultura*. Mundi-Prensa, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

## Referencia de autores

- **José Albiac Murillo** es investigador en el Departamento de Economía Agraria del CITA (Gobierno de Aragón). Trabaja en economía del medio ambiente y de los recursos naturales, en especial en la gestión de recursos hídricos y bosques, y en el diseño de políticas para la acción colectiva. Correo electrónico: maella@unizar.es.
- **Francisco J. Alcón** Provencio es Ingeniero Agrónomo (Universidad Politécnica de Cartagena, 2002) y Doctor por la Universidad Politécnica de Cartagena (2007). Actualmente es profesor Ayudante Doctor del Departamento de Economía de la Empresa, Área de Economía, Sociología y Política Agraria, de la Universidad Politécnica de Cartagena. Sus principales temas de investigación se centran en la economía del regadío con especial atención a la adopción de tecnologías agrarias en general, y las tecnologías de riego en particular. Correo electrónico: francisco.alcon@upct.es.
- **Narciso Arcas Lario** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Valencia, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y Master en Dirección y Gestión en Comercio Exterior por la Universidad de Murcia. Actualmente es Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Cartagena y Director de la Cátedra Cajamar Cajarural de Cooperativismo Agrario. Sus principales líneas de investigación son el marketing agroalimentario y el asociacionismo agrario (cooperativas y comunidades de regantes), habiendo participado en múltiples proyectos de investigación, congresos y publicado numerosos libros y artículos en diversas revistas científicas, tanto nacionales como internacionales. En 2005 fue distinguido con la insignia de oro de la Federación de Cooperativas Agrarias de la Región de Murcia. Correo electrónico: arcas.lario@upct.es.
- **Manuel Arriaza Balmón** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba (1994) y Master y Doctor en Economía Agraria por la Universidad de Reading (UK, 2000). Actualmente es Investigador Titular y Coordinador del área de Economía y Sociología Agrarias del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Su labor investigadora se ha centrado principalmente en política agraria y en valoración de recursos naturales. Correo electrónico: manuel.arriaza@juntadeandalucia.es.

- **Llorenç Avellà Reus** es Doctor Ingeniero Agrónomo (1984), Catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia. Ha participado en más de 50 Convenios de Investigación subvencionados, dirigido 10 Tesis Doctorales y más de 60 publicaciones referenciadas. Su actividad investigadora se ha centrado en el mercado de la tierra, cambios de uso de la tierra, mercado de trabajo agrario y en economía de los recursos naturales, en especial en materia de aguas. Correo electrónico: lavella@esp.upv.es.
- **Jesús Barreiro Hurlé** es doctor en Ciencias Económicas y la actualidad trabaja como analista de políticas de energía y medio ambiente en la Dirección General de Empresa e Industria de la Comisión Europea. Anteriormente ha desarrollado su carrera como investigador en el área de economía, sociología y política agrarias dentro del sistema INIA-CCAA y en las universidades de Valladolid y Pública de Navarra. Su actividad investigadora ha estado centrada en la valoración de activos ambientales, la evaluación y el diseño de políticas agroambientales así como el estudio del impacto del etiquetado nutricional en la demanda de alimentos. Correo electrónico: jesus.barreirohurle@gmail.com.
- **Julio Berbel Vecino** (Jerez de la Fra. 1961), padre de cuatro hijos, es Ingeniero Agrónomo (1984), Master (M.A.) Agricultural Economics (1986) y Doctor Ingeniero Agrónomo (1987). Catedrático de la Universidad de Córdoba, destaca la dirección de 12 tesis doctorales, y más de 100 publicaciones referenciadas (monografías, artículos en revistas científicas nacionales e internacionales y libros), alrededor de 100 comunicaciones a congresos y la participación y más de 40 proyectos y convenios de investigación. Su actividad se ha centrado en la economía agraria y ambiental y en el desarrollo de metodología multicriterio, ha participado desde el año 2000 en la implementación de la Directiva Marco de Aguas en España y Europa. Correo electrónico: berbel@uco.es.
- **Jorge Bielsa Callau** es Doctor en Economía. Actualmente es Profesor Titular en la Universidad de Zaragoza, donde imparte clases de Macroeconomía Avanzada y de Economía de los Recursos Naturales. Su investigación se ha centrado, desde un punto de vista teórico, en la modelización del agua como un bien económico más, en la valoración y asignación del recurso y en las relaciones agua-sistema productivo. En el campo aplicado, sus aportaciones se centran más en la Economía Agraria (eficiencia de riego) y en la Economía de la Energía. Correo electrónico: jbielsa@unizar.es.

- **M. Consuelo Calafat Marzal** es Doctor Ingeniero Agrónomo. Profesora Contratado Doctor de economía agraria del Departamento de Economía y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Valencia y miembro del grupo investigador del Centro Valenciano de Estudios del Regadío (CVER). Su actividad académica y profesional está centrada en la economía del sector agroalimentario, sobre todo en las áreas de cambios de uso del suelo. Correo electrónico: chelo@esp.upv.es.
- **Javier Calatrava Leyva** (Albacete, 1972) es Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba (1997) y Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid (2002). En la actualidad es Profesor Titular de Escuela Universitaria del Área de Economía, Sociología y Política Agrarias de la Universidad Politécnica de Cartagena, donde trabaja desde el año 2000. Su actividad investigadora se ha desarrollado en el ámbito de la Economía Agraria y de los Recursos Naturales, principalmente sobre economía y políticas de gestión de los recursos hídricos y de la conservación de suelos agrarios. Ha participado en diez proyectos de investigación con financiación pública, tanto nacionales como europeos, y en ocho contratos de consultoría y asistencia técnica con varias administraciones españolas y organismos internacionales. Ha dirigido dos tesis doctorales y es autor de veinte publicaciones entre artículos en revistas científicas nacionales e internacionales y capítulos en libros. Correo electrónico: j.calatrava@upct.es.
- **José Carles Genovés** es Doctor Ingeniero Agrónomo, catedrático de economía agraria y director del Centro Valenciano de Estudios del Riego de la Universidad Politécnica de Valencia. Ha sido vicerrector de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia, presidente de la Confederación Hidrográfica del Júcar, secretario general de Estructuras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1993-94) y consejero de número de la institución Alfonso "El Magnánimo" y del Instituto Valenciano de Estudios e Investigación de la Generalitat Valenciana. Ha dirigido y participado en diversos proyectos de investigación en materia de economía agraria y economía, planificación y política hidráulica, con más de una treintena de publicaciones entre libros, monografías y artículos en revistas especializadas. Correo electrónico: jcarles@esp.upv.es.
- **Ignacio Cazcarro Castellano** es Licenciado y Master en Economía por la Universidad de Zaragoza y está realizando el Master en Geografía y Ordenación del Territorio en la Universidad de Zaragoza. Es miembro del grupo de investigación

"Crecimiento, Demanda y Recursos Naturales" y su labor investigadora se centra principalmente en la economía del sector agroalimentario, y la contabilidad nacional y ambiental. Correo electrónico: icazcarr@unizar.es.

- **M<sup>a</sup> Dolores de Miguel Gómez** es Ingeniera Agrónoma, especialidad de economía agraria por la ETSIA de Córdoba. Doctora por la ETSIA de la Universidad Politécnica de Valencia. Ha sido Catedrática de Escuela Universitaria en la EUITA de la Universidad Politécnica de Madrid. Directora de la ETSIA de la Universidad Politécnica de Cartagena. Directora General de Investigación en el Gobierno Regional de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Catedrática de Universidad de Economía, Sociología y Política Agraria en la Universidad Politécnica de Cartagena, Comisionada para la igualdad. Su investigación se ha centrado en economía agraria de diferentes sectores, actualmente está orientando sus líneas, hacia la problemática del agua. Correo electrónico: md.miguel@upct.es.
- **Rosa Duarte Pac** es Doctora en Economía y Profesora Titular en el Departamento de Análisis Económico de la Universidad de Zaragoza, impartiendo asignaturas de Microeconomía. Su investigación se centra en la economía de los recursos naturales (economía del agua, contaminación, emisiones) y el uso de los modelos multisectoriales (TIO, SA y MEGA). Correo electrónico: rduarte@unizar.es.
- **María del Pilar Espinosa Goded** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. En la actualidad disfruta de una beca predoctoral INIA centrada en la evaluación y diseño de políticas agroambientales mediante el uso de la técnica de los experimentos de elección que se está desarrollando en el Instituto de Investigación Agraria y Pesquera (IFAPA) de la Junta de Andalucía. Ha disfrutado de dos estancias de investigación en el INRA-Rennes y en la Universidad de Newcastle. Correo electrónico: mariap.espinosa.ext@juntadeandalucia.es.
- **Encarna Esteban Gracia** es licenciada en Economía por la Universidad de Zaragoza y Master en Economía Agraria y de los Recursos Naturales por la Universidad de Connecticut (USA). Trabaja como investigadora contratada en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) dependiente del Gobierno de Aragón. En la actualidad se encuentra realizando su tesis doctoral y su labor investigadora se centra en el análisis de políticas económicas para la gestión y el control de la contaminación difusa de aguas. Correo electrónico: eestebang@aragon.es.

- **Ma Ángeles Fernández-Zamudio** es doctora Ingeniera Agrónoma por la Universidad Politécnica de Valencia. Ha desarrollado su actividad investigadora en el Dpto. de Economía y Sociología Agrarias del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Los temas centrales de su investigación son: viabilidad de los cultivos mediterráneos, optimización de la producción, efectos económicos de la adopción de tecnología, análisis del uso agrario del agua y sostenibilidad de la agricultura. Correo electrónico: fernandez\_marzam@gva.es.
- **Marta García Mollá** es Doctora Ingeniero Agrónomo, Profesora Titular de Escuela Universitaria de economía agraria de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia y miembro del Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego. En materia de planificación y política hidráulica, ha publicado varios artículos y ha elaborado diversas ponencias a congresos, entre los que cabe resaltar los relacionados con los efectos económicos de la Directiva Europea Marco del Agua sobre la agricultura de regadío. Asimismo, ha participado en varios proyectos de investigación relacionados con la economía del agua en la agricultura, entre los se encuentra su Tesis Doctoral sobre los efectos de un aumento del coste en el consumo de agua en la agricultura mediterránea. Correo electrónico: mgarmo@esp.upv.es.
- **Alberto Garrido Colmenero** es Doctor Ingeniero Agrónomo y Profesor del Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha trabajado desde hace 15 años en temas relacionados con la economía y la política del agua. Es Editor de Economía Agraria y Recursos Naturales desde 2007, y co-editor de la serie sobre recursos naturales de Springer Publishing. Es Subdirector del Observatorio del Agua de la Fundación Marcelino Botín, miembro del Comité Asesor del Rosenberg Forum y autor de más de 100 publicaciones. Ha sido consultor para OCDE, FAO, Parlamento Europeo, Banco Asiático de Desarrollo, Banco Inter-americano de Desarrollo, varios Ministerios y Gobiernos autonómicos en España. Correo electrónico: alberto.garrido@upm.es.
- **Fernando Garrido Fernández** es doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba en la especialidad de Economía, Sociología y Política Agrarias. En la actualidad es Científico Titular del CSIC en el Instituto de Estudios Sociales Avanzados de Andalucía (IESA) y coordina la Unidad Técnica de Estudios Aplicados de este Instituto. Sus líneas de trabajo se han centrado en temas relacionados con el desarrollo sostenible, el desarrollo rural y las políticas agro-ambientales en Euro-

pa, así como en estudios sobre cooperativismo, acción colectiva y articulación de intereses en la agricultura española y europea. Correo electrónico: fgarrido@iesa.csic.es.

- **Marina Gil Sevilla** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. En la actualidad trabaja como investigadora en el Centro de Estudios e Investigaciones en la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM) adscrito a la Universidad Politécnica de Madrid. En el mismo tiempo desarrolla sus estudios de doctorado bajo la tutela de Alberto Garrido Colmenero en impacto económico y riesgo de sequía. Correo electrónico: marinagils@gmail.com.
- **Renan Ulrich Goetz** es Doctor en Economía Agraria por la Universidad Politécnica de Zurich. Como investigador en materia de Economía del Medio ambiente tiene una amplia experiencia, la cuál ha dado lugar a la dirección y presentación de tres tesis doctorales. Actualmente está dirigiendo 2 tesis doctorales en la Universidad de Girona. Dada su larga trayectoria, ha sido investigador principal de numerosos proyectos de investigación con financiación pública en los temas indicados; investigaciones que han visto la luz tanto en publicaciones científicas en revistas del SSCI/SCI como en presentaciones en Congresos Nacionales e Internacionales. Actualmente es profesor invitado en el doctorado de calidad de la Universidad de Zaragoza, miembro del comité de redacción de la revista "Economía Agraria y Recursos Naturales" y co-editor de una book series de Springer Publishing. Correo electrónico: renan.goetz@udg.edu.
- **Carlos Mario Gómez Gómez** es Profesor Titular de Fundamentos del Análisis Económico en la Universidad de Alcalá de Henares. Licenciado en Ciencias Políticas y en Economía. Master en Economía Agraria y Desarrollo Económico de la Universidad de Londres y Doctor en Ciencias Económicas de la Universidad de Alcalá. Ha sido Investigador Asociado (1994-1995) y Profesor Visitante (2000-2001) de la Universidad de California (Berkeley). Sus líneas de investigación se centran en la economía ambiental. En ese contexto ha sido director de 5 tesis doctorales, ha dirigido y participado en diversos proyectos nacionales y europeos de I+D y es autor de diversas publicaciones científicas y de divulgación. Miembro del Consejo Directivo de la Asociación Hispano Portuguesa de Economía Ambiental y de Recursos Naturales AERNA y del Comité Científico Español del Programa MaB de la UNESCO. Correo electrónico: mario.gomez@uah.es.

- **Almudena Gómez Ramos** es doctora en economía agraria por la Universidad Politécnica de Madrid y profesora de la Universidad de Valladolid. Su trayectoria investigadora se centra fundamentalmente en el análisis de políticas de gestión de recursos hídricos, análisis del uso agrario del agua, análisis de los riesgos de sequía y en la aplicación de los mercados de agua en la gestión de los riesgos climáticos. La experiencia adquirida en estos temas es avalada por su participación en diversos proyectos europeos y nacionales y por su colaboración con el Ministerio de Medioambiente. Correo electrónico: [almgomez@iaf.uva.es](mailto:almgomez@iaf.uva.es).
- **José A. Gómez-Limón** es doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba y Profesor Titular de Universidad de Economía Agraria en la E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid) desde 1998. Su actividad docente e investigadora la ha desarrollado preferentemente en temas relacionados con la modelización de la actividad agraria y el análisis de la política agraria. En relación a la temática de este libro cabe destacar su labor de coordinador nacional de la Red científica de economía del agua de riego (ECORIEGO), financiada por el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología a través del proyecto AGL2007-30519-E/AGR. Correo electrónico: [limon@iaf.uva.es](mailto:limon@iaf.uva.es).
- **Yasmia Gromaches Taranto** es licenciada en Administración de empresas y contadora Pública por la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En la actualidad goza de una beca de doctorado en la Universidad de Girona. El año 2007 obtuvo el diploma de estudios avanzados en esta última universidad, con la máxima calificación. Actualmente está desarrollando su tesis doctoral, dirigida por el Dr. Renan Goetz, en temas relativos a la economía del agua, como por ejemplo, la asignación de agua a través de reglas de elección social. Correo electrónico: [yasmia.gromaches@udg.edu](mailto:yasmia.gromaches@udg.edu).
- **Etienne Groot** es Ingeniero Agrónomo brasileño. Obtuvo el Master en Economía de la Facultad de Económicas y Empresariales de Zaragoza realizando un trabajo de Master para la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón financiado con una beca de dicha institución. Actualmente es investigador en la unidad de Economía Agroalimentaria y de los Recursos Naturales del CITA (Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria) del gobierno de Aragón. Correo electrónico: [etigroot@unizar.es](mailto:etigroot@unizar.es).

- **Carlos Gutiérrez Martín** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba y actualmente es profesor ayudante de Economía Agraria en esta misma Universidad. Anteriormente formó parte del Grupo de Análisis Económico del Ministerio de Medio Ambiente, desarrollando tareas en el ámbito economía del agua en la agricultura y modelización de la actividad agraria, áreas en las que continúa su investigación. Ha participado en proyectos nacionales y europeos y cuenta con varias publicaciones en libros y revistas especializadas. Correo electrónico: [es1gumac@uco.es](mailto:es1gumac@uco.es).
- **Ana Iglesias Picazo** es profesora del Departamento de Economía Agraria y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Madrid. Su investigación se centra en las relaciones entre el cambio global, la agricultura, y los recursos hídricos. Ha contribuido a los programas de Investigación de la Unión Europea, de Medioambiente de las Naciones Unidas (UNEP), UNESCO, Agencia de Desarrollo Internacional de USA (USAID), Agencia de Medioambiente de USA (USEPA). Desde 1995 es autora en las publicaciones del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). Ha coordinado el desarrollo de Guías de gestión de sequía en el Mediterráneo para el programa MEDA-Water de la Unión Europea. Correo electrónico: [ana.iglesias@upm.es](mailto:ana.iglesias@upm.es).
- **Ignacio Lorite Torres** es Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba. Es investigador titular del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) de la Junta de Andalucía, en el área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. Su actividad investigadora se ha centrado en la gestión eficiente de los recursos hídricos a nivel de parcela y zona regable, empleando para ello diversas metodologías como la modelización y la teledetección. Correo electrónico: [ignacioj.lorite@juntadeandalucia.es](mailto:ignacioj.lorite@juntadeandalucia.es).
- **Yolanda Martínez Martínez** es doctora en Economía por la Universidad de Zaragoza. Actualmente es profesora del Departamento de Análisis Económico de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Zaragoza, donde imparte las asignaturas de Microeconomía y Economía del Bienestar. Sus líneas de investigación se centran en la Economía del Agua (oferta y demanda, ahorro, contaminación, regadío) y de los Recursos Naturales (modelos dinámicos, impactos económicos, emisiones ambientales). Correo electrónico: [yolandam@unizar.es](mailto:yolandam@unizar.es).

- **Julia Martín-Ortega** (Sevilla, 1979), es Doctora en Economía Ambiental por la Universidad de Córdoba (Premio Tesis Doctoral del Centro de Estudios Andaluces). Ha trabajado desde 2004, en el seno del grupo de investigación Modelos de Decisión en Agricultura de la Universidad de Córdoba, en economía del agua en el contexto de la Directiva Marco del Agua, participando en varios proyectos nacionales e internacionales. Actualmente desarrolla su actividad investigadora en el Basque Centre for Climate Change, centrada en el análisis económico de los efectos del cambio climático sobre los sistemas hídricos. Correo electrónico: [julia.martin.ortega@bc3research.org](mailto:julia.martin.ortega@bc3research.org).
- **Bienvenido Marzo López** es historiador económico especializado en historia agraria. Entre 2004 y 2008 fue becario de investigación del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Almería, de donde pasó a integrarse en el Instituto de Estudios de la Fundación Cajamar. Su tesis doctoral, en proceso de elaboración, tratará sobre la conformación del modelo almeriense de comercialización hortofrutícola a partir de los años sesenta. Correo electrónico: [bmarzo@cajamar.com](mailto:bmarzo@cajamar.com).
- **Pascual Mesa Ordóñez** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba. Trabaja como consultor en la empresa Ayesa (depto. Calidad Ambiental, [www.ayesa.es](http://www.ayesa.es)) desde 2007 en la implementación de la Directiva Marco del Agua en el Guadalquivir y es colaborador habitual del Departamento de Economía Agraria de la Universidad de Córdoba. Correo electrónico: [pascualmesa@ayesa.es](mailto:pascualmesa@ayesa.es).
- **Jerónimo Molina Herrera** es especialista en economía agraria y autor de numerosas publicaciones sobre comercialización hortofrutícola. Desde finales de los años 70 ocupó la gerencia de la Asociación Provincial de Cosecheros Exportadores de Productos Hortofrutícolas de Almería (Coexphal). En 1988 asumió la dirección del Servicio de Estudios de la Cámara de Comercio de Almería. Diez años después puso en marcha el Instituto de Estudios Socio-Económicos de la Caja Rural Provincial, hoy integrado en la Fundación Cajamar. Actualmente es asesor de la Dirección General de Cajamar. Correo electrónico: [jmolina@cajamar.com](mailto:jmolina@cajamar.com).

- **Olga María Moreno Pérez** es Ingeniera Agrónoma por la Universidad de Córdoba y Profesora Ayudante en el Departamento de Economía y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Valencia. Sus líneas de investigación están relacionadas con la multifuncionalidad de la agricultura, el análisis de las estrategias de los agricultores y la agricultura familiar. Correo electrónico: [omoreno@esp.upv.es](mailto:omoreno@esp.upv.es).
- **Eduardo Moyano Estrada** es doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba y Licenciado en Sociología por la Universidad Complutense. Desde 1992 es profesor de Investigación (catedrático) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y Director del Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA-CSIC) en Córdoba. Su actividad investigadora la ha desarrollado preferentemente en temas relacionados con la acción colectiva y la participación de los grupos de intereses (sindicatos, organizaciones profesionales y federaciones de cooperativas) en la formulación de las políticas agrarias y de desarrollo rural. Correo electrónico: [emoyano@iesaa.csic.es](mailto:emoyano@iesaa.csic.es).
- **Paula Novo Núñez** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid y Master (Msc.) en International Development Studies por la Universidad de Wageningen. Hasta la fecha ha trabajado en el proyecto 'Análisis de la huella hídrica y del comercio de agua virtual en España', en el marco del convenio entre la Fundación Marcelino Botín y la UPM. En la actualidad disfruta de una beca doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid para el estudio de la aplicación de una nueva ley de aguas en Nicaragua. Correo electrónico: [paula.novo@upm.es](mailto:paula.novo@upm.es).
- **Juan José Oñate Rubalcaba** (Madrid, 1964) es Doctor en Biología y Profesor Titular en el Dpto. de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid. Ha participado en distintos proyectos de investigación básica y aplicada en los ámbitos español y europeo, centrados en el análisis de las relaciones entre ecosistemas y actividades humanas, y específicamente entre la agricultura y la conservación de la naturaleza. Los principales resultados relativos al estudio de los valores de conservación en sistemas agrarios, a la evaluación y diseño de instrumentos agroambientales más efectivos para la protección de especies y hábitats, y a los métodos y prácticas de la evaluación ambiental de proyectos, planes y programas, han sido plasmados en 3 libros y más de 55 contribuciones en libros colectivos y artículos científicos y de divulgación. Correo electrónico: [juan.onate@uam.es](mailto:juan.onate@uam.es).

- **Dionisio Ortiz Miranda**, Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba, es Titular de Universidad en el Departamento de Economía y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Valencia. Su labor investigadora se centra en el análisis de las relaciones existentes entre los cambios de la agricultura y la inserción de ésta en las dinámicas de la economía rural, con especial atención al papel que desempeñan las políticas y las instituciones como articuladoras de dicha relación. En este sentido cuenta con diversas publicaciones en el ámbito de la Economía Institucional. Correo electrónico: dortiz@esp.upv.es.
- **Joan Pujol Planella** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Lleida, Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba y Máster en Dirección y Marketing de Empresas Agroalimentarias por la Universidad Politécnica de Valencia. Actualmente trabaja como profesor del Área de Economía, Sociología y Política Agraria en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Girona. Su labor investigadora se ha centrado en temas de economía del agua y de política agraria. Correo electrónico: joan.pujol@udg.edu.
- **Sonia Quiroga Gómez** es profesora del Departamento de Estadística, Estructura Económica y Organización Económica Internacional en la Universidad de Alcalá. Su investigación se centra en las relaciones cuantitativas entre el clima y la economía, especialmente las implicaciones del riesgo climático sobre los sistemas agrarios. Las metodologías utilizadas incluyen la estimación econométrica de relaciones empíricas, gestión de riesgo, optimización y teoría de la decisión. Ha contribuido al desarrollo de modelos de interacción entre clima y agricultura para el estudio de impactos y adaptación al cambio climático en proyectos de la Unión Europea. Correo electrónico: sonia.quiroga@uah.es.
- **Roberto Rodríguez Casado** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha trabajado como investigador en temas de agua virtual y huella hidrológica en el Centro de Estudios e Investigaciones en la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM) adscrito a la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente trabaja en TRAGSATEC en la implantación de mercados de agua. Correo electrónico: rrc@tragsatec.es.

- **Francisco Javier Sáez Fernández** es Profesor Titular del Departamento de Economía Internacional y de España de la Universidad de Granada. Es Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Valencia, Especialista en Economía de la Unión Europea por la Universidad de Alcalá, AMP por el Instituto de Empresa y Doctor en CC. Económicas y Empresariales por la Universidad de Granada. Ha sido Vicedecano de Investigación y Subdirector de la Fundación Escuela de Negocios de Andalucía, y actualmente es Secretario del Departamento de Economía Internacional y de España. Su trabajo de investigación lo ha desarrollado, fundamentalmente, en los campos del sistema monetario y financiero, economía de los recursos naturales y la economía regional y urbana. Ha publicado numerosos artículos, libros y capítulos de libros sobre estos temas, tanto en España como en el extranjero. Correo electrónico: fjsaez@ugr.es.
- **Julio Sánchez Chóliz** es Doctor en Matemáticas y Catedrático de Análisis Económico de la Universidad de Zaragoza, impartiendo Teoría de juegos y Matemáticas tanto en la licenciatura de Economía como en el Doctorado. El núcleo de su investigación son las áreas: Crecimiento y cambio tecnológico, Economía del agua, Recursos naturales y Dinámica económica, siendo en estos momentos Investigador principal del Grupo consolidado S 10: Crecimiento, demanda y recursos naturales, de la Diputación General de Aragón. Además, a lo largo de más de 30 años, su investigación ha estado marcada profundamente por la utilización de modelos multisectoriales (TIO, SAM y MEGA), por la economía evolutiva y por su preocupación por los problemas dinámicos. Correo electrónico: jsanchez@unizar.es.
- **Carles Sanchis Ibor** es doctor en Geografía por la Universidad de Valencia y Máster en Sistemas de Información Geográfica por la Universidad de Girona. Actualmente trabaja como investigador en el Centro Valenciano de Estudios del Riego de la Universidad Politécnica de Valencia y es profesor asociado en el Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia. Ha desarrollado su actividad investigadora en el estudio de los sistemas de riego desde diversas perspectivas: estudios históricos y de patrimonio, enfoques institucionales, análisis de la gestión del riego y el manejo del agua, e impacto de los regadíos sobre la dinámica evolutiva de los humedales mediterráneos. Correo electrónico: csanchis@hma.upv.es.

- **Javier Tapia Barcones** es licenciado en Economía en la especialidad de Métodos Cuantitativos y Aplicaciones Informáticas en Economía y Diplomado en Estadística por la Universidad de Zaragoza. Actualmente trabaja como doctorando en la Unidad de Economía Agraria en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) del Gobierno de Aragón. Su actividad investigadora se ha desarrollado en temas relacionados con el agua, la contaminación y la evaluación de políticas agroambientales. Correo electrónico: [jtapia@aragon.es](mailto:jtapia@aragon.es).
- **Consuelo Varela Ortega** es doctora Ingeniero Agrónomo y profesora del Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid. Su investigación se centra en el análisis económico de políticas agrícolas y medioambientales, la economía y política del agua, escenarios futuros del agua y cambio climático en Europa. Ha colaborado en numerosos proyectos de investigación, fundamentalmente con la Comisión Europea, donde ha colaborado con más de 40 equipos de investigación internacionales. Ha trabajado con organismos internacionales (FAO, Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo) para el análisis y la implementación de políticas de agua para el riego en diversos países. Ha publicado más de cien trabajos, y ha presentado numerosas ponencias en congresos científicos. Es la representante de España en la Asociación Internacional de Economistas Agrarios (IAAE), pertenece al comité científico asesor del IFPRI (International Food Policy Research Institute) para el programa del CGIAR 'Challenge Program on Water and Food'. Correo electrónico: [consuelo.varela@upm](mailto:consuelo.varela@upm).
- **Virginia Vega Carrero** es Profesora Titular de Universidad de la Facultad de Administración y Dirección de Empresas de la Universidad Politécnica de Valencia, Doctora por la UPV y miembro del Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego. Ha trabajado en varios proyectos de investigación y congresos relacionados con la economía del agua en la agricultura, con el mercado de trabajo agrario en la Comunidad Valenciana y el Gasto Agrario en el territorio nacional. Correo electrónico: [virvecar@esp.upv.es](mailto:virvecar@esp.upv.es).

- **Angels Xabadia** es Doctora en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad de Girona. En 2002 obtuvo una beca de la Generalitat de Catalunya que financió una estancia de investigación en el Departamento de Economía Agraria y de los Recursos Naturales de la Universidad de California, Berkeley. Posteriormente, ha trabajado como investigadora en el Servicio de Investigación Agraria del gobierno de Aragón y como ayudante doctor en las universidades de Zaragoza y de Girona. En la actualidad es investigadora "Juan de la Cierva" en esta última universidad, donde desarrolla su labor en temas relacionados con la economía del agua y de los recursos forestales. Correo electrónico: [angels.xabadia@udg.edu](mailto:angels.xabadia@udg.edu).

## Índice analítico

- Abonos: 47.
- Acción colectiva: 457, 458, 464, 465, 466, 493, 498, 503 y 507.
- Acuífero: 25, 47, 49, 51, 86, 302, 304, 306, 310, 411, 412, 413, 429, 431, 434, 442, 443, 444, 449, 454, 458, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 476 y 492.
- Adaptación al cambio climático: 181, 191, 192, 194, 422, 481 y 508.
- Adopción: 7, 76, 93, 112, 127, 128, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 191, 258, 259, 415, 419, 441, 479, 498 y 502.
- Adoptante: 129, 131, 132, 133, 139, 140, 141, 142 y 512.
- Agencia Europea de Medio Ambiente: 465.
- Agricultor: 11, 45, 53, 65, 68, 85, 104, 107, 110, 124, 125, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 150, 161, 191, 192, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 263, 270, 272, 273, 274, 275, 281, 283, 287, 288, 290, 301, 329, 347, 350, 352, 353, 354, 356, 366, 367, 374, 375, 379, 383, 384, 385, 387, 388, 389, 390, 392, 393, 394, 395, 397, 399, 401, 402, 410, 432, 433, 442, 443, 444, 445, 446, 488, 455, 458, 461, 462, 463, 464, 465, 477, 478, 479, 489, 492, 493, 494 y 507.
- Agricultura de regadío: 7, 15, 33, 34, 46, 47, 49, 52, 76, 116, 117, 119, 121, 164, 165, 171, 229, 242, 321, 362, 366, 367, 368, 380, 386, 390, 412, 425, 429, 429, 430, 431, 445, 446, 459, 463, 471, 472, 474, 477, 479, 480, 481, 486, 489, 490, 502 y 512.
- Agricultura de secano: 445.
- Agricultura ecológica: 398, 429, 436, 438, 439, 440, 441, 450 y 492.
- Agua azul: 103, 107, 110, 200, 201, 202, 203, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 222, 223, 224, 225, 228, 229, 230, 232, 233, 237, 238, 239, 240 y 241.
- Agua exportada: 206 y 228.

- Agua gris: 200, 210 y 214.
- Agua importada: 173 y 206.
- Agua incorporada: 202, 203 y 207.
- Agua verde: 200, 201, 203, 205, 207, 208, 209, 212, 223, 224, 225, 228, 230, 233, 240, 241 y 242.
- Agua virtual: 8, 113, 163, 173, 174, 177, 199, 201, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 222, 223, 225, 226, 227, 228, 230, 231, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 241, 242, 243, 472, 482, 483, 507 y 508.
- Ahorro de agua: 59, 63, 66, 129, 213, 376, 390, 391, 396, 443, 460, 482 y 490.
- Amortización técnica: 264, 265 y 266.
- Análisis Coste-Beneficio (ACB): 24, 56, 57, 58, 59, 70, 369 y 475.
- Análisis Coste-Eficacia (ACE): 7, 15, 24, 28, 44, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 475, 476
- Análisis de políticas: 143, 242, 457, 458, 465, 501 y 504.
- Análisis dinámico: 477.
- Andalucía: 71, 83, 87, 117, 129, 130, 151, 155, 156, 161, 203, 208, 209, 213, 214, 282, 293, 351, 363, 385, 387, 393, 403, 433, 440, 447, 448, 479, 490, 501, 502, 505 y 509.
- Aragón: 87, 89, 90, 130, 168, 173, 174, 175, 202, 203, 209, 211, 212, 217, 218, 254, 261, 264, 269, 275, 277, 292, 362, 367, 380, 440, 441, 447, 481, 482, 498, 501, 504 y 509.
- Arrendamiento: 116, 121, 123, 124 y 478.
- Arrozal: 413, 414 y 491.
- Asesoramiento al regante: 50 y 63.

- Asesoría: 63, 64, 65, 69, 87 y 88.
- Asignación del agua: 8, 113, 177, 241, 247, 248, 252, 253, 254, 300, 305, 317, 340, 457 y 483.
- Aspersión: 49, 128, 272, 273, 347, 361, 416 y 495.
- Aversión al riesgo: 133, 135, 136, 138, 142, 250 y 479.
- Aves: 411, 412, 413, 423 y 428.
- Base imponible: 265.
- Beneficio medio teórico: 270.
- Beneficios ambientales: 57, 58, 72, 73 y 445.
- Bien público impuro: 457 y 464.
- Bienestar social: 247, 457, 458 y 466.
- Biodiversidad: 189, 192, 408, 409, 411, 421, 422, 425, 426, 430, 434, 436, 439 y 491.
- Biomasa: 408, 415 y 416.
- Brecha: 43, 67, 69, 115, 125, 242, 315 y 482.
- Brecha cuantitativa: 67 y 69.
- Buen estado ecológico: 20, 42, 56, 57 y 384.
- Calidad del agua: 9, 31, 73, 186, 188, 189, 190, 304, 386, 391, 394, 397, 405, 416, 431, 433, 434, 438, 439, 441, 442, 453, 455, 456, 460, 466, 482 y 493.
- Cambio climático: 12, 179, 180, 181, 185, 186, 187, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 408, 409, 413, 414, 419, 420, 422, 430, 464, 466, 472, 481, 482, 486, 491, 495, 505, 506, 508 y 510.
- Cambio estructural: 7, 93, 115, 116, 117, 118, 123, 124, 125 y 126.
- Cambio global: 8, 12, 177, 179, 180 y 505.

- Canarias: 129, 130, 296, 301, 317, 454 y 479.
- Canon de Regulación (CR): 263, 264, 270, 271, 277, 282, 283, 286, 287, 307 y 484.
- Capacidad de pago: 24 y 280.
- Castilla y León: 117, 208, 363, 411, 418, 424 y 440.
- Castilla-La Mancha: 208, 217, 310, 429, 449 y 492.
- Censo Agrario: 119 y 153.
- Centro de intercambio: 8, 177, 306, 309, 321, 322, 330, 332, 333, 444 y 486.
- Cereales: 103, 112, 119, 120, 147, 154, 191, 202, 208, 210, 213, 214, 218, 231, 232, 233, 234, 235, 241, 254, 345, 346, 347, 351, 355, 357, 358, 359, 433, 440, 459, 477, 483 y 495.
- Cítricos: 120, 121, 124, 154, 209, 237, 413 y 478.
- Clima: 130, 131, 165, 181, 183, 184, 186, 188, 190, 192, 204, 215, 347, 350, 370, 481, 482, 483 y 508.
- CO<sub>2</sub>: 168, 184, 195, 415, 416, 417 y 427.
- Colectivos de riego: 282, 283, 287, 367 y 454.
- Comercio de agua virtual: 8, 177, 212, 213, 218, 221, 222, 228, 234, 241, 242, 472, 482, 483 y 507.
- Comercio internacional: 200, 202, 204, 222, 231 y 235.
- Comunidad General de Riegos del Alto Aragón (CGAA): 264, 269, 275, 277 y 504.
- Comunidad Valenciana: 84, 87, 89, 286, 479 y 510.
- Comunidades Autónomas: 18, 45, 98, 151, 208, 282, 287, 307, 384, 421, 433, 440, 441, 446, 450, 472, 479, 481, 490 y 496.
- Comunidades de base: 269, 272 y 275.

- Comunidades de regantes: 75, 77, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 133, 134, 135, 139, 143, 248, 249, 254, 257, 258, 259, 269, 283, 292, 293, 303, 345, 383, 384, 391, 393, 395, 398, 443, 454, 460, 473, 476 y 484.
- Condicionalidad: 50, 389, 401, 422, 433, 434, 445, 446, 491, 492, 496 y 497.
- Confederación Hidrográfica: 36, 63, 72, 80, 82, 249, 269, 276, 277, 283, 286, 287, 288, 383, 420, 443, 446, 448, 454, 463, 467, 485 y 500.
- Consumo: 17, 22, 26, 28, 29, 31, 62, 64, 65, 67, 76, 103, 107, 110, 142, 165, 166, 167, 171, 172, 173, 175, 201, 203, 204, 205, 208, 213, 214, 221, 222, 231, 233, 234, 249, 272, 290, 291, 292, 304, 346, 349, 376, 391, 395, 398, 409, 412, 415, 420, 421, 429, 430, 441, 442, 443, 457, 464, 482, 483, 485, 491, 492, 496, 497 y 502.
- Contaminación del agua: 414.
- Contaminación difusa: 26, 47, 51, 412, 439, 455, 456, 461, 462, 469, 496 y 501.
- Contaminación hídrica: 203, 211, 212, 214, 217 y 482.
- Contenido de agua virtual: 221, 222, 225, 226, 227, 233 y 241.
- Contratos territoriales de explotación: 389, 392 y 404.
- Contribución adecuada: 281.
- Control integrado: 438, 439 y 456.
- Coste Anual Equivalente (CAE): 56, 58, 61, 62 y 69.
- Coste asociado al uso del agua: 269, 272 y 275.
- Coste de riego: 269, 272, 273 y 275.
- Coste del agua: 269, 270, 273, 274, 275, 293 y 375
- Costes ambientales: 25, 27, 28, 62, 66, 263, 264, 281, 282, 286, 289, 291, 484 y 485.
- Costes de explotación: 264 y 272.

- Costes del aprendizaje: 134 y 137.
- Costes del servicio: 286.
- Costes financieros: 66, 263, 264, 267, 269, 272, 274, 275, 484 y 485.
- Cuencas hidrográficas: 95, 102, 111, 232, 242, 329, 366, 369, 370, 476, 477, 482 y 483.
- Cuentas Satélite del Agua: 171, 172 y 208.
- Cuestión hídrica: 386.
- Cultivos: 25, 27, 52, 63, 64, 65, 68, 95, 96, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 117, 119, 120, 123, 130, 131, 136, 138, 144, 146, 152, 154, 155, 159, 160, 188, 189, 190, 191, 200, 205, 208, 209, 218, 223, 224, 227, 230, 231, 232, 233, 234, 325, 236, 241, 242, 244, 249, 250, 253, 254, 255, 273, 301, 304, 330, 331, 335, 336, 338, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 361, 367, 369, 370, 372, 374, 376, 379, 386, 391, 394, 394, 410, 413, 415, 421, 423, 433, 439, 440, 441, 443, 454, 459, 460, 461, 463, 465, 471, 472, 477, 478, 483, 486, 487, 488, 489, 493, 494, 495, 497 y 502.
- Cultivos industriales: 154, 208, 232, 234, 235 y 370.
- Datos de panel: 102, 105 y 109.
- Declaración de Dublín: 64, 457 y 465.
- Declaración de Zaragoza: 459.
- Demanda final: 167 y 210.
- Derechos de propiedad: 257, 297, 299, 303, 322 y 432.
- Desarrollo rural: 8, 26, 95, 145, 343, 383, 385, 386, 387, 388, 389, 391, 392, 393, 395, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 408, 421, 422, 430, 435, 436, 438, 444, 446, 447, 448, 449, 487, 489, 490, 491, 502 y 507.
- Difusión: 50, 87, 124, 128, 131, 132, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 199 y 479.

- Directiva de Nitratos: 431 y 461.
- Directiva Marco del Agua (DMA): 7, 12, 15, 30, 31, 33, 56, 73, 113, 114, 127, 245, 258, 263, 274, 276, 277, 279, 281, 284, 293, 365, 381, 384, 390, 400, 401, 402, 420, 434, 446, 456, 457, 460, 464, 472, 473 y 506.
- Duero: 28, 46, 48, 106, 229, 250, 261, 291 y 412.
- Ebro: 26, 46, 48, 63, 65, 72, 73, 87, 100, 102, 105, 106, 109, 111, 217, 229, 243, 248, 250, 269, 276, 277, 291, 293, 316, 366, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 379, 412, 428, 456, 460, 461, 462, 463, 467, 468, 469, 477, 483, 485 y 489.
- Ecología: 9, 310, 314, 405, 407, 411, 427, 430 y 507.
- Economía agraria: 31, 73, 96, 143, 175, 190, 261, 316, 368, 380, 450, 489, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 510 y 511.
- Economías de escala: 118, 125 y 478.
- Eficiencia económica: 112, 255, 258, 298, 301 y 435.
- Eficiencia en el uso del agua: 241 y 372.
- Elección social: 248, 251, 257, 259, 483, 496 y 504.
- Embalse: 42, 50, 80, 86, 105, 127, 128, 241, 264, 270, 271, 282, 289, 309, 311, 322, 323, 324, 335, 336, 337, 338, 397, 410, 411 y 484.
- Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrarias: 115, 116, 118, 119, 120, 122, 152 y 154.
- Equilibrio de Nash: 462.
- Erosión: 188, 189, 190, 409, 414, 430, 431, 439 y 491.
- Escasez: 8, 12, 25, 48, 52, 64, 102, 110, 133, 134, 136, 137, 142, 148, 177, 188, 189, 190, 199, 204, 213, 221, 222, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 233, 234, 235, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 245, 247, 249, 250, 256, 257, 258, 263, 280, 290, 296, 297, 298, 299, 300, 302, 304, 306, 317, 318, 322, 323, 324, 326, 327,

- 329, 340, 348, 354, 355, 362, 365, 372, 379, 385, 397, 400, 431, 453, 454, 456, 464, 465, 474, 479, 481, 482, 483, 484, 492 y 494.
- Escenarios: 21, 112, 181, 183, 184, 187, 188, 255, 302, 314, 329, 331, 365, 366, 367, 369, 372, 373, 374, 375, 377, 379, 488, 489 y 510.
  - España: 5, 11, 12, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 34, 53, 64, 72, 73, 75, 83, 86, 89, 90, 93, 95, 96, 100, 103, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 142, 143, 146, 148, 149, 151, 152, 154, 158, 161, 169, 173, 177, 183, 190, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 218, 221, 222, 231, 235, 241, 242, 244, 249, 267, 277, 279, 280, 282, 284, 286, 288, 289, 290, 293, 295, 296, 297, 301, 305, 307, 312, 314, 317, 318, 319, 323, 338, 340, 343, 345, 364, 365, 367, 369, 370, 379, 380, 383, 386, 387, 389, 391, 392, 393, 400, 402, 403, 404, 405, 407, 408, 409, 418, 419, 420, 423, 424, 425, 426, 428, 429, 430, 431, 433, 436, 437, 440, 441, 442, 444, 449, 450, 453, 454, 455, 456, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 468, 469, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 486, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 499, 502, 507, 509 y 510.
  - Especialización agraria: 204.
  - Esquema de Temas Importantes (ETI): 37, 55, 65 y 72.
  - Estructura de las explotaciones: 118, 120, 122 y 478.
  - Europa: 26, 63, 149, 157, 183, 184, 187, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 196, 204, 263, 280, 453, 466, 481, 499 y 510.
  - Evaluación ambiental: 407, 408, 418, 419, 427 y 507.
  - Evapotranspiración: 130, 188, 204, 218, 224, 225, 231, 312, 347, 349, 350 y 460.
  - Exclusión: 23, 457 y 464.
  - Externalidad: 192, 214, 290, 295, 303, 305, 328, 415, 429, 430, 432, 445, 457, 458, 464, 465, 466, 492 y 493.
  - Externalidades medioambientales: 457, 458, 464, 465, 466 y 493.

- Extremadura: 91, 130, 151 y 208.
- FEADER: 387, 388, 389, 390, 392, 393, 395, 398, 401 y 402.
- Fertilizantes: 51, 52, 352, 408, 410, 412, 415, 417, 431, 433, 437, 439, 441, 442, 462 y 495.
- Fitosanitarios: 47, 51, 52, 129, 352, 408, 410, 413 y 495.
- Flujo de agua virtual: 217, 222, 227, 233 y 235.
- Frutales: 103, 107, 109, 110, 120, 154, 345, 370, 372 y 413.
- Ganadería: 119, 120, 121, 148, 167, 169, 170, 209, 223, 230, 231, 234, 390 y 410.
- Gases de efecto invernadero: 179, 183, 187, 191, 193 y 415.
- Gestión sostenible: 30, 55, 64, 362, 388, 391, 397, 399, 401, 458, 463, 464, 465, 466 y 493.
- Globalización: 11, 450, 482 y 494.
- Goteo: 96, 128, 129, 130, 135, 136, 138, 141, 283, 287, 347, 352 y 361.
- Gravedad: 49, 272, 273, 412, 414 y 419.
- Guadalquivir: 46, 48, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 72, 73, 100, 105, 106, 107, 108, 109, 229, 232, 237, 242, 250, 260, 261, 304, 307, 308, 317, 322, 335, 338, 346, 361, 366, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 379, 381, 413, 427, 454, 455, 472, 477, 487, 489 y 506.
- Guadiana: 46, 106, 109, 111, 202, 206, 214, 215, 229, 243, 269, 276, 306, 307, 309, 310, 313, 314, 324, 412, 425, 429, 442, 443, 444, 448, 450, 454, 462, 463, 485 y 492.
- Hábitat: 407, 409, 411, 413, 430, 434, 490, 491 y 507.
- Horticultura: 120, 121, 124, 144, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 159, 339 y 370.

- Huella ecológica: 199, 202, 210, 221 y 472.
- Huella hídrica / Huella hidrológica: 221, 222, 223, 228, 230, 231, 232, 233, 234, 237, 242, 472, 482, 483, 507 y 508.
- Huerta: 77, 78, 79, 120, 413, 414 y 491.
- Impacto: 21, 26, 28, 33, 37, 47, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 110, 127, 142, 156, 179, 180, 181, 183, 185, 187, 189, 190, 193, 201, 205, 211, 212, 214, 221, 250, 276, 284, 290, 291, 297, 299, 301, 303, 304, 308, 310, 313, 314, 331, 360, 362, 363, 367, 380, 386, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 414, 417, 418, 419, 422, 429, 430, 431, 436, 438, 439, 441, 442, 455, 466, 475, 479, 481, 485, 487, 488, 490, 491, 492, 495, 496, 497, 499, 503, 505, 508 y 509.
- Implicaciones políticas: 138.
- Incentivos: 248, 251, 304, 366, 375, 376, 379, 458, 461, 463, 464, 466, 488, 493 y 494.
- Incertidumbre: 61, 67, 68, 69, 132, 133, 135, 140, 142, 144, 180, 187, 299, 300, 311, 318, 321, 326, 327, 328, 329, 331, 340, 442, 455, 475, 482 y 486.
- Indicadores: 51, 62, 103, 155, 175, 346, 347, 349, 350, 360, 374, 376, 379, 418, 419 y 449.
- Índices de precios: 107.
- Industria química y textil: 211.
- Inflación: 267, 268, 274 y 485.
- Innovatividad: 139 y 140.
- Input-Output: 163, 165, 173, 175, 200, 202, 217, 219, 480 y 482.
- Instituto Nacional de Estadística: 115, 116, 208 y 468.
- Instrucción de la Planificación Hidrológica (IPH): 57.
- Instrumentos económicos: 8, 18, 21, 31, 64, 70, 177, 192, 290, 323, 464, 466, 481, 483, 493 y 496.

- Instrumentos institucionales: 457 y 464.
- Integración vertical: 173.
- Interés general: 265, 270, 274, 392, 396, 407, 408, 422, 485 y 490.
- Inundaciones: 17, 19, 40, 179, 186, 188, 190 y 270.
- Júcar: 23, 27, 46, 77, 85, 86, 106, 109, 111, 229, 237, 269, 276, 279, 286, 287, 288, 290, 291, 307, 309, 310, 313, 314, 454, 463, 485 y 500.
- Juntas de explotación: 80, 454, 461 y 463.
- Ley de Aguas: 19, 28, 34, 78, 79, 83, 84, 86, 87, 263, 264, 266, 267, 268, 270, 274, 281, 286, 305, 330, 384, 421, 464, 472, 476, 484 y 507.
- Logístico: 139 y 140.
- Mano de obra: 12, 125, 129, 134, 147, 148, 149, 150, 152, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 250, 272, 304, 374, 378, 472, 479, 480 y 495.
- Maquinaria agrícola: 415.
- Matrices de contabilidad social: 163, 165, 166 y 480.
- Medidas correctoras: 418.
- Mercados de agua: 8, 177, 247, 248, 250, 257, 258, 260, 261, 295, 296, 297, 298, 299, 301, 303, 304, 305, 307, 309, 311, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 321, 325, 338, 444, 457, 462, 465, 466, 483, 484, 486, 497, 504 y 508.
- Mercados de derechos: 299, 300, 305, 317, 324 y 325.
- Mitigación: 51, 179, 180, 192 y 193.
- Modelo econométrico: 229 y 230.
- Modelos de simulación: 183 y 481.
- Modernización: 23, 27, 50, 59, 64, 65, 66, 90, 96, 126, 129, 134, 139, 143, 148,

150, 151, 247, 261, 275, 287, 288, 308, 368, 374, 389, 390, 392, 394, 395, 396, 399, 409, 418, 419, 420, 421, 424, 434, 460, 462, 486 y 491.

- Moratoria: 420 y 491.
- Multicriterio: 56, 58, 59, 74, 250, 261, 317, 367 y 499.
- Multifuncionalidad: 22, 72, 385, 392, 399, 401, 403, 404, 424, 426, 449 y 507.
- Murcia: 97, 99, 100, 102, 108, 129, 130, 139, 143, 150, 151, 208, 217, 229, 240, 412, 426, 427, 477, 479, 498 y 501.
- Olivar: 63, 65, 96, 100, 103, 107, 109, 111, 117, 120, 154, 205, 232, 237, 242, 347, 351, 353, 355, 357, 370, 374, 413, 433, 440, 472, 477, 478, 483, 494 y 495.
- Orientación Técnico-Económica: 154.
- Pagos compensatorios: 442
- Panel Intergubernamental del Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): 181.
- Pérdida de valor del dinero: 274 y 485.
- Pesticidas: 415, 431, 433, 437, 441, 453 y 459.
- Plan Especial del Alto Guadiana: 306, 313, 429, 442, 443, 448, 462 y 492.
- Plan Hidrológico Nacional: 20, 26, 276, 444 y 460.
- Plan Nacional de Regadíos: 87, 139, 142, 145, 396, 430, 450, 460 y 461.
- Planificación: 7, 15, 18, 20, 23, 24, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 56, 57, 62, 160, 187, 191, 215, 276, 277, 281, 289, 292, 293, 332, 336, 346, 362, 396, 400, 407, 408, 418, 421, 422, 427, 467, 472, 474, 475, 481, 488, 491, 493, 494, 497, 500 y 502.
- Planificación hidrológica: 7, 15, 18, 20, 23, 24, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 47, 49, 51, 53, 57, 62, 215, 276, 281, 289, 336, 467, 474, 475 y 488.

- Política agraria: 8, 39, 102, 343, 346, 347, 351, 353, 365, 366, 367, 368, 369, 376, 378, 379, 383, 385, 386, 402, 421, 433, 435, 436, 445, 447, 472, 487, 489, 496, 498, 499, 500, 501, 502, 504 y 508.
- Política Agraria Comunitaria (PAC): 8, 39, 70, 96, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 343, 346, 345, 346, 347, 351, 353, 359, 360, 362, 364, 365, 366, 367, 369, 370, 372, 375, 376, 380, 385, 387, 400, 401, 422, 433, 434, 435, 445, 447, 449, 461, 465, 472, 477, 478, 487, 488, 489, 492, 494, 496 y 497.
- Política agroambiental: 9, 405, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 442, 445, 446, 449 y 450.
- Política de aguas: 18, 23, 27, 31, 281, 384 y 474.
- Política de desarrollo rural: 8, 343, 383, 387 y 421.
- Políticas públicas: 192, 325, 393 y 400.
- Precio sombra: 133, 228, 229 y 238.
- Precios del agua: 73, 256, 257, 281, 366, 367, 369, 376, 378, 379, 421, 456, 457, 459, 461, 462, 464, 465, 466, 479, 484, 485 y 493.
- Probabilidad de adoptar: 132, 133, 134, 135 y 138.
- Producción agraria: 151, 221, 234, 366, 369, 376, 385, 431 y 488.
- Producción ecológica: 434 y 505.
- Producción integrada: 429, 438, 439, 440, 441, 447, 450 y 492.
- Productividad: 7, 12, 25, 63, 64, 68, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 150, 156, 160, 214, 222, 229, 230, 233, 239, 240, 241, 242, 244, 255, 315, 330, 345, 346, 350, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 407, 413, 415, 473, 477, 478, 479, 480, 483, 485, 486 y 487.
- Productividad aparente del agua: 229, 230, 233 y 241.
- Productividad de la tierra: 7, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 244 y 477.

- Productividad del agua: 25, 96, 97, 100, 102, 104, 107, 108, 110, 111, 112, 214, 222, 239, 240, 241, 242, 315, 345, 346, 350, 356, 357, 358, 359, 360, 361 y 487.
- Programa de compensación de rentas: 429, 437, 439, 442, 445, 450 y 492.
- Programa de Medidas (PdM): 19, 20, 21, 33, 37, 44, 55, 59, 64, 420, 461, 467, 475 y 476.
- Programación de riegos: 130, 244 y 350.
- Programas de Desarrollo Rural: 435 y 446.
- Protocolo de Kyoto: 179, 180, 415 y 417.
- Proyecto: 11, 21, 36, 37, 39, 48, 52, 56, 81, 87, 115, 183, 193, 214, 265, 280, 281, 282, 321, 361, 362, 392, 393, 399, 407, 408, 409, 410, 417, 418, 419, 420, 421, 429, 460, 463, 464, 465, 472, 491, 498, 499, 500, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508 y 510.
- Plan AGUA: 23.
- Recuperación de costes: 12, 21, 27, 29, 31, 41, 53, 55, 59, 64, 65, 66, 73, 264, 269, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 384, 422, 459, 474, 475, 484, 485 y 491.
- Recursos hídricos: 8, 12, 26, 27, 30, 40, 47, 48, 55, 56, 103, 142, 148, 174, 177, 179, 180, 181, 183, 185, 183, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 200, 201, 206, 207, 208, 215, 221, 223, 232, 242, 247, 249, 263, 280, 295, 296, 299, 306, 321, 322, 324, 325, 326, 345, 346, 348, 354, 360, 365, 366, 384, 385, 386, 387, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 413, 431, 434, 438, 453, 454, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 463, 464, 465, 466, 467, 471, 474, 477, 478, 479, 481, 482, 483, 486, 488, 489, 490, 492, 493, 494, 498, 500, 504 y 505.
- Recursos hídricos disponibles: 345, 360, 398 y 471.
- Regímenes de tenencia: 117 y 123.
- Región Mediterránea: 180, 181, 190, 191 y 481.

- Regla de reparto proporcional: 256.
- Regla de reparto secuencial: 253.
- Regla de reparto uniforme: 251.
- Rendimiento: 98, 104, 107, 111, 135, 136, 146, 150, 189, 190, 191, 224, 225, 255, 346, 350, 356, 360, 371 y 480.
- Requerimientos hídricos: 188, 200 y 209.
- Restricciones de capital: 133, 136, 137, 138 y 479.
- Riego deficitario: 63, 356, 358, 361, 362 y 487.
- Riesgo: 11, 28, 37, 39, 43, 46, 77, 129, 131, 133, 135, 136, 137, 138, 142, 180, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 250, 260, 276, 298, 299, 300, 302, 305, 311, 312, 315, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 335, 336, 337, 338, 392, 412, 479, 481, 486, 487, 503, 504 y 508.
- Rivalidad en el consumo: 457 y 464.
- Salinización: 180, 190, 191, 304, 409, 410, 412, 430, 431 y 491.
- Secano: 95, 96, 97, 100, 101, 102, 119, 121, 124, 191, 200, 205, 206, 209, 212, 223, 225, 237, 241, 242, 274, 310, 350, 383, 386, 411, 414, 415, 422, 429, 433, 440, 444, 445, 472, 478 y 492.
- Secuestro de carbono: 414, 415, 416 y 417.
- Segura: 23, 28, 44, 45, 46, 82, 106, 107, 108, 109, 111, 179, 229, 232, 233, 237, 259, 289, 300, 307, 308, 309, 310, 313, 314, 322, 325, 326, 332, 337, 361, 383, 391, 400, 407, 420, 454 y 463.
- Sequía: 17, 19, 26, 40, 48, 51, 64, 91, 110, 111, 112, 134, 179, 182, 183, 185, 186, 190, 191, 228, 231, 242, 297, 299, 305, 306, 307, 315, 321, 322, 323, 324, 326, 329, 330, 332, 336, 338, 339, 347, 351, 352, 385, 402, 404, 443, 454, 481, 486, 503, 504 y 505.

- Sistema agroalimentario: 148, 201 y 219.
- Sistema de riego: 89, 277, 346, 347, 350, 409 y 421.
- Sostenibilidad: 40, 191, 199, 345, 360, 361, 385, 386, 391, 393, 400, 403, 407, 419, 422, 490, 494 y 502.
- Subvenciones: 59, 60, 84, 96, 110, 112, 134, 142, 154, 180, 287, 288, 291, 372, 444, 447, 461, 464, 465, 472, 487 y 493.
- Superficie Agraria Útil (SAU): 95, 118, 122, 386, 430, 436, 437 y 441.
- Superficie de cultivos: 105 y 110.
- Tablas de Daimiel: 310, 313, 442 y 462.
- Tablas Input-Output: 163, 175 y 482.
- Tajo: 23, 46, 87, 109, 182, 269, 277, 307, 308, 309 y 455.
- Tamaño de las explotaciones: 83, 281, 414 y 478.
- Tarifa de Utilización de Agua (TUA): 264, 282, 286 y 287.
- Tarifación: 64, 66, 69, 177, 486 y 492.
- Tasa de adopción: 441.
- Tecnologías de riego: 131, 132, 133, 135, 139, 142, 143, 144, 477 y 498.
- Tendencia: 27, 42, 43, 55, 56, 63, 72, 100, 103, 107, 110, 111, 117, 118, 119, 121, 138, 182, 184, 231, 235, 236, 351, 352, 354, 358, 365, 443, 478, 479 y 488.
- Territorio: 20, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 47, 53, 58, 83, 95, 97, 103, 110, 115, 127, 173, 174, 277, 291, 292, 365, 374, 384, 386, 388, 390, 391, 392, 393, 394, 396, 397, 400, 401, 404, 426, 430, 445, 472, 473, 480, 485, 490, 500 y 510.
- Tipología: 67, 68, 387, 393, 394, 436, 437 y 438.
- Transferencias de agua: 85, 200, 296, 328 y 332.

- Unidad de Dimensión Europea (UDE): 118, 120, 121 y 122.
- Unión Europea: 18, 60, 88, 115, 137, 169, 187, 188, 190, 193, 279, 281, 284, 384, 429, 430, 432, 435, 436, 437, 442, 450, 456, 465, 473, 478, 479, 492, 494, 505, 508 y 509.
- Uso: 7, 8, 11, 12, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 36, 40, 41, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 58, 64, 72, 76, 83, 85, 95, 107, 111, 112, 127, 128, 129, 134, 137, 140, 142, 148, 152, 163, 164, 165, 171, 172, 175, 177, 180, 183, 186, 187, 200, 201, 203, 204, 206, 207, 208, 209, 210, 213, 214, 223, 224, 225, 228, 230, 231, 232, 233, 234, 241, 242, 249, 250, 253, 257, 263, 265, 267, 269, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 290, 291, 292, 293, 295, 297, 298, 299, 304, 305, 306, 311, 312, 313, 314, 319, 323, 324, 326, 328, 330, 331, 332, 333, 338, 345, 346, 353, 360, 367, 368, 372, 373, 375, 376, 377, 379, 384, 385, 386, 387, 390, 398, 400, 412, 413, 415, 418, 429, 431, 432, 433, 434, 435, 437, 439, 443, 453, 454, 456, 457, 462, 465, 468, 471, 473, 479, 480, 481, 483, 484, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 494, 495, 496, 497, 499, 500, 501, 502 y 504.
- Valor de escasez: 228, 229, 230, 239 y 241.
- Valor del agua: 102, 137, 228, 239, 297 y 298.
- Variabilidad climática: 190, 228 y 231.
- Velocidad de difusión: 137.
- Ventajas competitivas: 242.
- Viñedo: 102, 107, 111, 121, 124, 191, 233, 242, 477, 478 y 483.
- Vulnerabilidad: 64, 180, 187, 188, 191, 192, 299, 322, 324, 338 y 481.
- WATECO: 56, 458 y 466.
- Zonas regables: 47, 52, 53, 79, 96, 249, 302, 308, 315, 331, 335, 345, 346, 347, 349, 361, 372, 387, 392, 393, 394, 396, 398, 401, 403, 421, 474, 476, 478, 484, 487, 490 y 491.