



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Análisis de los recursos hídricos de Riegos del Alto Aragón (Huesca) en la primera década del siglo XXI

Julio Sánchez-Chóliz^a y Cristina Sarasa^a

RESUMEN: Este trabajo profundiza en la evolución de la situación hidrica de la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón (127.210 ha), localizada en el noreste español. Se analiza para el conjunto de esta zona regable y para cada una de sus 58 comunidades de regantes la evolución de las demandas de agua, los niveles de eficiencia, los patrones de cultivos y su rentabilidad económica. Las cifras obtenidas de los niveles de eficiencia son muy significativas y de aplicación inmediata para la mejora de la política de gestión del agua. Los resultados muestran por una parte la necesidad de detener la actual expansión del regadio en esta comunidad, y por otra que la falta de agua está provocando cambios en los patrones de cultivo hacia cultivos menos exigentes de agua y con menor rentabilidad económica, en lugar de lo esperado (más frutales, hortalizas, maíz,...).

PALABRAS CLAVES: Demandas y suministros de agua, eficiencia del regadio, escasez de agua, patrones de cultivo.

Clasificación JEL: Q25, Q15.

DOI: 10.7201/earn.2013.01.05.

Water resources analysis in *Riegos del Alto Aragón (Huesca)* in the first decade of the 21st Century

ABSTRACT: This paper aims to analyze the evolution in recent years of the water situation in Riegos del Alto Aragón (127.210 ha), a major irrigation scheme in north-eastern Spain. We study the evolution of water demand, irrigation efficiency, cropping patterns and crop profitability for the whole irrigation area and for each of its 58 community members. We have obtained significant figures in the current levels of irrigation efficiency and they are of immediate application for the improvement of water management policy. On the one hand, the findings show the need to stop the current expansion of irrigation in this community, and on the other hand, they indicate that water scarcity is now provoking shocking changes in the cropping pattern removing towards less water demanding crops and with lower profitability, instead of the expected evolution (more weight of fruits, vegetables, corn,...).

KEYWORDS: Water demand and supply, irrigation efficiency, water scarcity, cropping patterns.

JEL classification: Q25, Q15.

DOI: 10.7201/earn.2013.01.05.

^a Departamento de Análisis Económico. Universidad de Zaragoza.

Agradecimientos: El presente trabajo ha sido financiado por el proyecto OTRI-2011/0155 financiado por la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón y también por la beca FPU AP2010-3729. Los autores agradecen a los evaluadores anónimos de EARN por sus útiles comentarios.

Dirigir correspondencia a: Cristina Sarasa. E-mail: csarasa@unizar.es.

Recibido en febrero de 2012. Aceptado en septiembre de 2012.

1. Introducción

A lo largo del siglo XX, la gestión del agua en el regadío español se ha caracterizado por un predominio de los modelos de oferta para satisfacer la demanda de los diversos usos posibles, así como por el aumento de la regulación y la capacidad para controlar el aprovechamiento de los recursos hídricos (Pinilla, 2008). Otra característica esencial de este siglo ha sido el rápido crecimiento de la superficie regada que ha pasado de aproximadamente 40 millones de hectáreas regadas en el mundo en 1900 a 274 millones en el año 2000 (Federico, 2005).

Esta expansión del regadío ha tenido un papel clave en el desarrollo y crecimiento de la agricultura española, especialmente desde los años 60, permitiendo el abastecimiento de alimentos básicos, la diversificación de alimentos y el aumento de la exportación de productos agrarios y agroalimentarios. Esto se ha debido en buena medida al incremento de la productividad agraria del regadío en España, que ha permitido que una población activa agraria cada vez menor pueda abastecer a una población urbana cada vez mayor (INE, 1965-1989). En concreto, una hectárea de regadío produce seis veces más que una hectárea de secano y genera una renta cuatro veces superior (MARM, 2008).

La cuenca del Ebro es la cuenca hidrográfica más importante de España y representa un 17% de su territorio, siendo España uno de los países más importantes del mundo por su superficie regada.¹ En esta cuenca el ritmo de construcción de infraestructuras hidráulicas así como la expansión del regadío se anticipó algo a otras partes de España, pero la desaceleración en el crecimiento del regadío en las dos últimas décadas del siglo XX ha coincidido con la del resto de España y la tendencia internacional (Pinilla, 2008). Dentro de la cuenca del Ebro, el regadio de la provincia de Huesca cuenta con más de 200.000 hectáreas que representan casi el 40% de la Superficie Agraria Útil (SAU) de Huesca y el 6% de la superficie agraria de regadío en España (MARM, 2010). La producción que genera el regadío de Huesca alcanza más del 80% del total de la producción agrícola de la provincia (DGA, 2009).

En la actualidad y desde las últimas décadas del siglo XX, se ha producido un debate sobre la continuidad del modelo de crecimiento del regadío, expansión sistemática de la oferta de agua, planteándose la incorporación de otros criterios como la eficiencia, el análisis coste-beneficio de las nuevas intervenciones planeadas y la gestión de la demanda (Pinilla, 2008; Gleick, 2000; Schoengeld y Zibelman, 2007). Trabajos como el de Barros *et al.* (2011) señalan que en España se dispone de poca información sobre la evolución de los niveles de eficiencia obtenidos en las distintas comunidades de riegos así como de los patrones de cultivo principales.

En esta línea, este trabajo pretende abordar dos objetivos simultáneamente: analizar la situación hídrica de uno de los más ambiciosos proyectos de regadío en España (Silvestre y Clar, 2010), en concreto, la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón (en adelante, CGRAA) durante la primera década del siglo XXI, así como las

¹ En 2009, España era el décimo cuarto país del mundo por hectáreas regadas (FAO, 2009). Su regadío representa el 1,34% del regadío total mundial.

características principales de su gestión y niveles de eficiencia en el uso del agua. La gestión óptima del agua es especialmente importante para sus comunidades de regantes, ya que las fuertes inversiones necesarias para la modernización de sus sistemas de riegos y la mejora de su productividad, sólo tienen sentido si pueden recuperarse a través de la producción y si hay disponibilidad y garantía de agua suficiente. Por ello tratamos por una parte de responder sobre todo a esta pregunta: ¿Tiene la CGRAA dotación de agua suficiente para abordar la modernización, sus costes correspondientes, y la consolidación productiva de los próximos años?; y por otra, de aportar información relevante sobre la situación del regadío actual en la CGRAA y su nivel de modernización, información que permitirá a los responsables técnicos y políticos de la gestión del agua la toma de decisiones y la discusión sobre los usos presentes y futuros del agua en la zona.

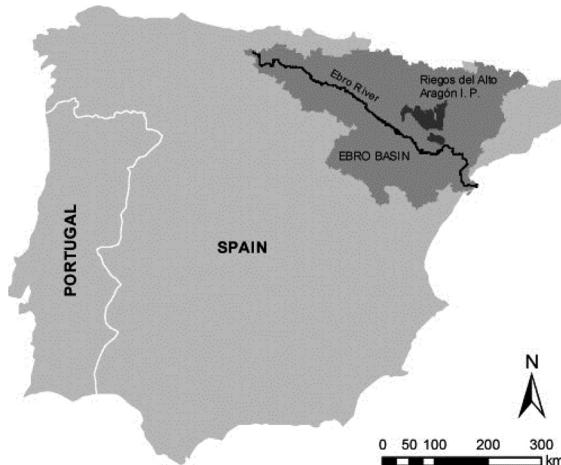
En el Alto Aragón se han realizado estudios previos sobre los niveles de eficiencia en el regadío en determinadas comunidades de riegos como son los trabajos de Tedeschi *et al.* (2001) para 1.000 hectáreas en la zona de Monegros II, García *et al.* (2009) para una superficie de 95 hectáreas, o Playán *et al.* (2000) para la comunidad de riegos de Almudévar perteneciente a la CGRAA. Este trabajo de investigación pretende ir más lejos y analizar los usos y eficiencias del conjunto de la CGRAA, que abarca más de 125.000 hectáreas regables, y de cada una de sus 58 comunidades, utilizando para ello información reciente que nos permite ampliar las conclusiones de los trabajos previos a la primera década del siglo XXI.

Para llevar a cabo esto, tras esta introducción se continúa con una breve presentación de la CGRAA, que permite comprender mejor el análisis y evolución de sus demandas de agua, comentando también las fuentes de datos que se van a utilizar y su origen. En la sección tercera, apoyándonos en los datos anteriores, se definen y obtienen sus niveles de eficiencia en el uso del agua, lo que nos permite cuantificar las necesidades hídricas de los cultivos y estimar los posibles déficits. En la cuarta se examina la evolución de la estructura de cultivos y la rentabilidad de los principales cultivos. Finalmente se cierra con las principales conclusiones y algunas reflexiones finales, que pueden ayudar al diseño de nuevas medidas para la gestión del agua.

2. La demanda de agua en el Alto Aragón: la CGRAA

La CGRAA es actualmente un sistema de regadío con más de 125.000 hectáreas de cultivo, que abastece también a numerosas localidades de las provincias de Huesca y Zaragoza y a diez polígonos industriales. Esta comunidad general agrupa a 58 comunidades de regantes, que se encuentran situadas principalmente entre el Canal de Monegros y el Canal del Cinca. De acuerdo con los planes existentes y aprobados, la superficie final prevista de la CGRAA podría llegar a las 185.000 hectáreas, a las que cabría añadir en un futuro la Hoya de Huesca, los regadíos de Alconadre y la acequia de Leciñena, lo que llevaría a una cifra aproximada de 200.000 hectáreas, superficie difícilmente alcanzable como veremos con las disponibilidades actuales de agua y con las regulaciones previstas. No obstante, esta comunidad es ya actualmente el mayor sistema de regadío de la Cuenca del Ebro y también de todo el territorio español (Mapa 1).

MAPA 1
Comunidad General de Riegos del Alto Aragón



Fuente: Lecina *et al.* (2010b).

Las estimaciones que vamos a presentar, tanto para la CGRAA como para cada una de sus comunidades sólo han sido posibles porque hemos tenido a nuestra disposición datos fiables por comunidades y años, facilitados muchos de ellos por la propia CGRAA que los elaboró ex profeso. En concreto, los consumos reales de cada comunidad a lo largo de los 10 años para los distintos usos del agua (riego, industria y abastecimiento), los suministros de agua regulada realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE) a la CGRAA, el estado actual de las modernizaciones en cada comunidad e información cualificada sobre los cultivos fueron facilitados directamente por la propia CGRAA. Las necesidades hídricas se extrajeron del trabajo de Martínez-Cob *et al.* (1998). Finalmente, se utilizó también la estructura de cultivos de regadío por municipios realizada por el Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón².

Con parte de esta información se elaboró el Cuadro 1, donde se presenta la situación actual del proceso de modernización en la CGRAA. Puede verse en este cuadro que 29.606 hectáreas fueron modernizadas cuando se transformaron en regadío y que 44.022 hectáreas se han modernizado recientemente o están finalizando el proceso. Por otra parte, el 18% de la superficie total posee acuerdos para comenzar los procesos de modernización. Todo esto supone que en los próximos años más del 76% de la superficie total de la CGRAA estará modernizada. A estas cifras hay que añadir además el 5% que posee alguna obra de modernización como balsas. Sin embargo, existe un 19% de la superficie total de la CGRAA que no se encuentra modernizada ni tiene acuerdos para hacerlo.

² Por su utilidad para otros trabajos, los datos están a libre disposición del que lo deseé y pueden descargarse en la dirección <http://www.credenat.com/>.

CUADRO 1
Situación de la superficie en modernización

| Estado | Superficie (hectáreas 2010) | % |
|--|-----------------------------|------------|
| Modernizadas en el actual proceso | 44.022 | 35 |
| Con acuerdo | 23.057 | 18 |
| Modernizadas al transformarse en regadio | 29.606 | 23 |
| Alguna obra (balsas o barranco) | 6.304 | 5 |
| No modernizan | 24.220 | 19 |
| Total | 127.210 | 100 |

Fuente: CGRAA.

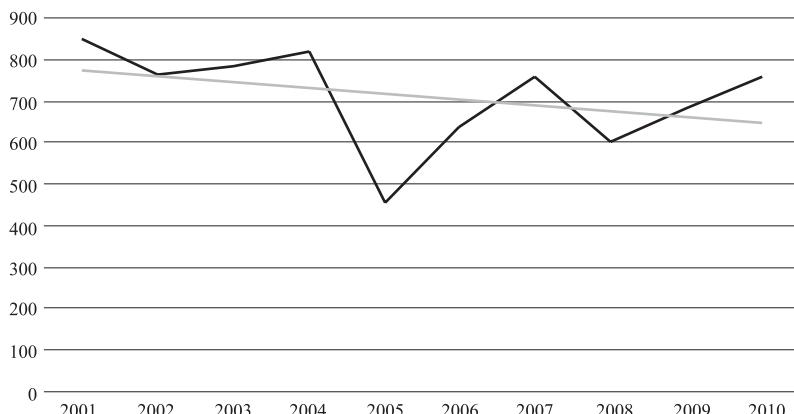
La modernización está siendo abordada individualmente por cada comunidad, teniendo un doble carácter. Por una parte la comunidad de regantes moderniza sus sistemas de distribución y regulación interior (acequias, balsas, bombeos, sistemas de control y distribución, etc.), y por otra cada comunero debe adecuar y amueblar su parcela. Estos últimos costes los asume íntegramente el regante y de los primeros, salvo un 15% del total que es financiado actualmente por la Unión Europea, el 85% restante lo debe pagar también el comunero directamente por dos vías: el 35% se paga como máximo en los 25 primeros años y el resto, el 50% lo pagará en el periodo del año 26 al 50. Esto hace que los procesos de modernización estén siendo muy gravosos para los regantes, representando los pagos corrientes porcentajes alrededor del 40% de los costes totales, cuando los pagos por cánones y tarifas del agua no superan el 10% (Cazcarro *et al.*, 2011a y 2011b). A esto hay que añadir en esta última década las subidas de materias primas como los abonos, las sequías de 2005 y 2008, y los cambios en la subvenciones de la PAC.

No obstante, los criterios de pago aplicados en la modernización reciente, inspirados en los criterios de recuperación de costes de la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000/60/CE), aunque gravosos han tenido también un aspecto muy positivo. Los regantes enfrentados a mayores pagos por el agua y a otros costes crecientes, podían abandonar o modernizar sus explotaciones intensificando la producción, mejorando sus canales de comercialización e integrándose con los sectores de la industria agroalimentaria. Esta ha sido la respuesta dominante en la CGRAA.

El Gráfico 1 muestra la evolución de las demandas de agua de las comunidades de regantes a lo largo de la primera década del siglo. En estos años, la CGRAA recibe en parcela, en media anual, alrededor de los 710,8 hm³ de agua para riego (Cuadro 2), cantidad similar a la recibida a finales del siglo anterior (Sánchez-Chóliz y Duarte, 2006). El Gráfico 1 muestra, no obstante, una preocupante tendencia decreciente, debida entre otros motivos a la revegetación en las cabeceras de los ríos (Bielsa *et al.*, 2011), a los efectos del cambio climático y a la inexistencia de regulación pluriannual en el sistema. En el año 2005 se observa una profunda caída del suministro de agua para riego hasta casi la mitad del año 2001 provocada por la sequía de ese año.

Aunque el suministro de 2006 es mayor que en 2005, sigue estando por debajo de la media, que se supera en 2007. Pero de nuevo cae en 2008, manteniéndose en 2009 por debajo de la media.

GRÁFICO 1
Evolución de la demanda en parcela para riego (hm³)



Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

El uso de agua para riego en la CGRAA representa casi el 98% de su total de usos. Sin embargo, en los últimos años, el peso del regadío va disminuyendo ligeramente al crecer los suministros que hace el sistema a las actividades industriales y a los abastecimientos de la zona (Cuadro 2). En el año 2005, que es el año más seco en la zona desde que se comenzaron a hacer mediciones sistematizadas de lluvias en 1947 según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2005), el volumen de demanda de agua para riego se vio notablemente reducida, mientras que la demanda de agua para industria y abastecimiento aumentó. Esto demuestra la mayor rigidez de la demanda industrial y urbana frente a la demanda agraria y fue posible también por los criterios de preferencia establecidos por la legislación para los abastecimientos urbanos frente al regadío.

En el Cuadro 2 se muestra también la evolución del agua suministrada anualmente a la CGRAA por parte de la CHE desde sus embalses; el suministro medio ha sido de 847,7 hm³ de agua regulada, que han servido para regar las más de 115.000 hectáreas de pleno derecho del 2001, siendo más de 121.000 has en 2010. Si se contabilizan las hectáreas con riego en precario se llegan a las 127.210 hectáreas en el 2010. Como hemos visto, el volumen de agua suministrado muestra una tendencia ligeramente decreciente aunque no uniforme.

CUADRO 2
Demandas y suministros a la CGRAA

| Año | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | Promedio |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Hectáreas pleno derecho (incluye Monegros II) | 115.933 | 116.259 | 116.647 | 119.985 | 121.410 | 119.995 | 121.284 | 121.606 | 121.503 | 121.896 | |
| Hectáreas totales | 123.049 | 123.969 | 124.311 | 124.795 | 125.547 | 125.790 | 128.974 | 126.539 | 127.124 | 127.210 | |
| hm ³ de demanda en salida de embalse | 1.025,2 | 909,1 | 912,2 | 949,0 | 565,7 | 747,7 | 874,7 | 696,3 | 949,2 | 847,6 | 847,7 |
| hm ³ de demanda en destino para abastecimiento | 8,3 | 8,5 | 9,4 | 9,8 | 10,4 | 10,4 | 9,9 | 9,6 | 13,0 | 11,9 | 10,1 |
| % sobre salida de embalse total | 0,81 | 0,94 | 1,03 | 1,04 | 1,84 | 1,39 | 1,13 | 1,38 | 1,37 | 1,40 | 1,2 |
| hm ³ de demanda en destino para industria | 4,6 | 5,0 | 4,6 | 4,9 | 5,6 | 6,3 | 6,4 | 5,4 | 4,6 | 5,0 | 5,2 |
| % sobre salida de embalse total | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,51 | 0,99 | 0,84 | 0,73 | 0,78 | 0,49 | 0,59 | 0,6 |
| hm ³ de demanda en parcela para riego | 848,6 | 764,4 | 783,8 | 821,1 | 455,2 | 635,0 | 758,0 | 600,8 | 681,7 | 759,0 | 710,8 |
| % sobre salida de embalse | 82,77 | 84,09 | 85,93 | 86,52 | 80,46 | 84,92 | 86,65 | 86,29 | 71,82 | 89,54 | 83,90 |
| hm ³ de demanda en parcela o destino para riego, industria y abastecimiento | 861,5 | 778,0 | 797,8 | 835,8 | 471,2 | 651,7 | 774,2 | 615,8 | 698,7 | 775,9 | 726,1 |
| % Eficiencia en el transporte | 84,03 | 85,57 | 87,46 | 88,07 | 83,29 | 87,16 | 88,51 | 88,44 | 73,68 | 91,53 | 85,77 |
| hm ³ de pérdida del transporte de embalse a destino | 163,7 | 131,2 | 114,4 | 113,3 | 94,5 | 96,0 | 100,5 | 80,5 | 253,3 | 71,8 | 121,9 |
| % Pérdida de transporte | 15,97 | 14,43 | 12,54 | 11,93 | 16,71 | 12,84 | 11,49 | 11,56 | 26,32 | 8,47 | 14,23 |
| Demanda media servida en salida de embalse para riego (m ³ /ha pleno derecho) | 8.732 | 7.703 | 7.700 | 7.787 | 4.528 | 6.092 | 7.078 | 5.602 | 7.695 | 6.815 | 6.973 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

Por tanto, como primer resultado observamos que la tendencia seguida en el siglo XX de incremento de la oferta de agua suministrada no se corresponde con los hechos observados en la primera década del siglo XXI en la CGRAA, véanse los trabajos previos de Faci *et al.* (2000) y de Playán *et al.* (2000) que concluyeron que el

sistema de distribución actual del agua en el regadío en la zona de la CGRAA no era capaz de suministrar una oferta de agua flexible y garantizada a los agricultores. Estos autores señalan que los sistemas de riego fueron construidos para el riego de cultivos de invierno, por lo que el aumento a finales del siglo pasado de cultivos más intensivos y que se riegan fundamentalmente en primavera y verano incrementó las necesidades reduciendo la capacidad del sistema para cubrirlas y la garantía de suministro.

Por otro lado, la superficie de riego muestra una tendencia creciente. En concreto, podemos destacar que desde el año 2001, se ha incrementado la superficie regada en más de 5.963 hectáreas de pleno derecho. Pero el gran aumento en el número de hectáreas se produce a finales del siglo anterior, ya que en 1994 el número de hectáreas rondaba las 96.666 hectáreas (Sánchez-Chóliz y Duarte, 2006). En los últimos quince años ha aumentado la extensión del regadío de la CGRAA en aproximadamente 30.000 hectáreas, mientras un volumen de agua cada vez menor es usado para regar una superficie que ya supera en estos momentos las 130.000 hectáreas y que continúa en expansión. Esto ha hecho que la dotación media en salida de embalse para riego haya sido en media de sólo 6.973 m³/ha al año, aunque para 2005 y 2008 fue mucho menor (4.528 m³/ha y 5.602 m³/ha respectivamente).

En el Cuadro 2 vemos también que la demanda de agua, ya sea para uso industrial, abastecimiento o riego ha sido en promedio de 726,1 hm³, lo que supone una eficiencia en el transporte desde el embalse del 85,77% en promedio y una pérdida media del 14,23%. Notemos que con la excepción del año 2009, hay una clara tendencia creciente en la eficiencia del proceso de transporte, que pasa del 84,03% en 2001 al 91,53% en 2010. Cabe destacar que las pérdidas de agua que se producen en el año 2009 son debidas a que los volúmenes de agua suministrados desde el embalse son superiores a los necesarios, debido en parte a las importantes precipitaciones invernales de ese año y a los excesos existentes en las reservas de agua del embalse que obligaron a realizar importantes vertidos.

Como conclusión, podemos asegurar que la tendencia decreciente de los suministros de agua de riego en la CGRAA no se corresponde con la tendencia al aumento de la oferta de agua observada en las últimas décadas del siglo XX, aunque por otro lado, sí que se mantiene como en ese siglo un permanente crecimiento de la superficie de regadío. Esto sólo ha sido posible por el importante avance dado en la modernización, que ha supuesto cambios muy importantes en los cultivos, en los costes y en las estructuras empresariales. Estos hechos son la base para nuestra conjectura de que el agua servida para regar las hectáreas de la CGRAA se utiliza cada vez con más eficiencia.

3. Necesidades hídricas y eficiencia en el uso del agua

Para estimar los niveles de eficiencia en el uso de agua para riego, es preciso conocer primero las necesidades hídricas netas de cada uno de los cultivos según la zona donde se encuentren, entendidas éstas como el volumen de agua por hectárea

que necesita cada cultivo para su supervivencia, es decir, el agua adicional que necesita la planta durante su ciclo de vida por encima de la precipitación media mensual correspondiente. Las comarcas sobre las que se extienden las 58 comunidades que agrupan la CGRAA son Monegros, Hoya de Huesca, Somontano de Barbastro, Zaragoza, Bajo Cinca y Cinca Medio. Como la información disponible sobre necesidades hídricas de los cultivos es de tipo comarcal (Martínez-Cob *et al.*, 1998), la relación geográfica entre las comunidades de regantes y comarcas permite aproximarse a las necesidades hídricas de cada cultivo en cada comunidad de riego, y por consiguiente, al volumen de agua requerido en cada comunidad. Los resultados obtenidos, basados en datos mensuales medios y que suponen unas condiciones climáticas medias, pueden verse en el Cuadro 3.

CUADRO 3
Necesidades hídricas netas en m³/ha

| Cultivos | Monegros | Hoya de Huesca | Zaragoza | Somontano de Barbastro | Bajo cinca | Cinca medio | Media ponderada* |
|--------------------------|----------|----------------|----------|------------------------|------------|-------------|------------------|
| Trigo | 2.420 | 1.890 | 2.480 | 2.140 | 2.610 | 2.375 | 2.309 |
| Cebada | 2.050 | 1.570 | 2.090 | 1.520 | 2.230 | 1.943 | 1.900 |
| Maíz | 5.520 | 4.940 | 5.900 | 5.040 | 5.760 | 5.405 | 5.372 |
| Arroz | 8.450 | 7.840 | 8.145 | 8.145 | 8.145 | 8.145 | 8.282 |
| Avena | 4.678 | 4.102 | 4.713 | 4.207 | 4.825 | 4.825 | 4.542 |
| Otros cereales | 4.950 | 4.270 | 4.950 | 4.190 | 5.380 | 3.438 | 4.643 |
| Cultivos industriales | 4.850 | 4.370 | 5.000 | 4.260 | 5.060 | 4.647 | 4.686 |
| Leguminosas | 1.335 | 1.335 | 1.335 | 1.335 | 1.335 | 1.335 | 1.335 |
| Patata | 4.455 | 4.455 | 4.455 | 2.935 | 2.935 | 2.935 | 4.045 |
| Alfalfa en verde | 6.610 | 5.440 | 7.010 | 5.530 | 7.190 | 6.310 | 6.286 |
| Otras plantas forrajeras | 3.880 | 3.295 | 4.235 | 3.340 | 4.170 | 3.730 | 3.721 |
| Hortalizas | 3.717 | 3.717 | 3.717 | 3.542 | 3.542 | 3.542 | 3.670 |
| Frutales | 6.287 | 5.489 | 7.023 | 5.489 | 7.085 | 6.287 | 6.093 |
| Almendro | 5.300 | 5.300 | 5.300 | 5.300 | 5.300 | 5.300 | 5.300 |
| Olivo | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 |
| Viñedo | 4.730 | 4.730 | 4.660 | 4.730 | 4.730 | 4.730 | 4.729 |

Nota: Se consideran como pérdidas de riego y por tanto no incluidas en las necesidades hídricas, la totalidad de la escorrentía y la percolación, la evaporación del terreno y las pérdidas por el viento. Si parte de esas cantidades de agua no se consideraran pérdidas, en particular la percolación profunda o la evaporación del terreno, los niveles de eficiencia que se estimarían serían mayores.

* Se pondera en función de la participación de cada comarca en la superficie de regadío de la CGRAA en el año 2010.

Fuente: Elaboración propia a partir de Martínez-Cob *et al.* (1998).

El cultivo del maíz, arroz, alfalfa y frutales son los que mayor volumen de agua requieren, mientras que otros cultivos como trigo, cebada o leguminosas son los que menos.

3.1. Niveles de eficiencia

En los sistemas de riegos se producen pérdidas tanto en el transporte hasta el campo como en los procesos de cultivo, por ello vamos a definir y analizar tres tipos de eficiencia: la eficiencia en baja, la eficiencia total y la eficiencia en alta o del transporte. En las siguientes ecuaciones se define cada una de ellas:

$$\text{Eficiencia en baja}^3 = \frac{\text{necesidades hídricas netas de los cultivos}}{\text{agua que se aplica en las parcelas}} \quad [1]$$

$$\text{Eficiencia en alta} = \frac{\text{agua que se aplica a las parcelas}}{\text{agua tomada del embalse principal}} \quad [2]$$

De modo que:

$$\text{Eficiencia total} = \text{eficiencia en baja} \times \text{eficiencia en alta} \quad [3]$$

Como ya hemos visto en el Cuadro 2, el nivel medio de eficiencia en alta⁴ a lo largo de la década se sitúa en torno al 85,77%, un porcentaje elevado que, salvo en el año 2009, muestra una tendencia creciente. Una estimación exacta del resto de eficiencias de la CGRAA requiere la disponibilidad de los datos de usos y demandas de cada una de sus 58 comunidades. En este trabajo, sólo se han tenido en cuenta 45 comunidades a lo largo de los diez últimos años, pero estas comunidades representan el 98% del total de superficie de regadío de la CGRAA, por lo que las estimaciones obtenidas son robustas y pueden considerarse muy representativas de la situación real de la CGRAA.

Para estimar las anteriores eficiencias, en primer lugar, se realiza un análisis de la distribución de la superficie de riego por tipo de cultivos en cada una de las comunidades, partiendo de las distribuciones de cultivos de regadío por municipios obtenida de DGA (2011a). En segundo lugar, una vez obtenido el número de hectáreas de cada cultivo, multiplicando por las necesidades hídricas netas de cada cultivo expuestas

³ El concepto de eficiencia en baja utilizado, que no es el usual, es una medida conjunta del déficit hídrico de la planta y de la eficiencia de las tecnologías de riego. En este sentido se podría descomponer en el producto de la ratio entre necesidades hídricas de los cultivos y el agua aplicada realmente al cultivo, una medida del déficit hídrico de la planta, y el cociente del agua aplicada realmente al cultivo en la parcela dividida por el agua que llega a ésta, que mide la eficiencia del sistema de riego. A pesar de ello, por simplicidad no se ha descompuesto el concepto de eficiencia en baja al no condicionar el objetivo final del trabajo y no afectar a las estimaciones buscadas de déficit ni a las conclusiones obtenidas.

⁴ Debido a la dificultad de su estimación, no se dispone del volumen de agua tomado del embalse de forma individualizada para cada parcela, lo que no permite diferenciar la eficiencia en alta de unas comunidades a otras y el dato disponible en el Cuadro 2 es el valor medio para toda la CGRAA.

en el Cuadro 3 se obtuvo para cada comunidad el volumen de agua requerida por los cultivos, dada la precipitación media estimada en cada zona y sin contabilizar en las necesidades el agua de escorrentía, la percolación profunda ni otras pérdidas.

En el Cuadro 4 se resumen los niveles de eficiencia en baja y total alcanzados. Los datos por comunidades pueden verse en el Anexo⁵. La eficiencia total promedio en los últimos diez años en las comunidades analizadas de la CGRAA ha sido del 61% si suponemos que el agua se dedica únicamente a las hectáreas de pleno derecho⁶. Si se supone que se riegan el total de hectáreas que agrupan la CGRAA, el nivel de eficiencia alcanza el 62%. Teniendo en cuenta que la pérdida media del transporte de agua desde el embalse a parcela es del 14,23%, la eficiencia en baja media en la CGRAA a lo largo de la década es del 72% si se considera que se riegan las hectáreas de pleno derecho, y del 73% si se riegan todas las hectáreas. Estos niveles suponen un uso bastante eficiente, aunque mejorable, del agua para riego, especialmente si tenemos en cuenta dos cosas; la primera que incluyen como pérdidas la percolación profunda, el arrastre del viento y la evaporación en la aplicación, que en Huesca pueden alcanzar el 9,5% (MARM, 2001); y segunda, que en la CGRAA el peso de los cultivos leñosos no es elevado, representan menos del 3% de la superficie total, y que no es previsible a corto plazo un cambio radical a favor de los cultivos leñosos en la estructura de cultivos. Para situar históricamente la transformación que esto supone, conviene recordar que los niveles de eficiencia total hace tres o cuatro décadas estaban situados alrededor del 45%.

CUADRO 4
Niveles de eficiencia en baja y total (2001-2010)

| | Hectáreas pleno derecho | Hectáreas totales |
|--------------------|-------------------------|-------------------|
| Eficiencia en baja | 72% | 73% |
| Eficiencia total | 61% | 62% |

Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

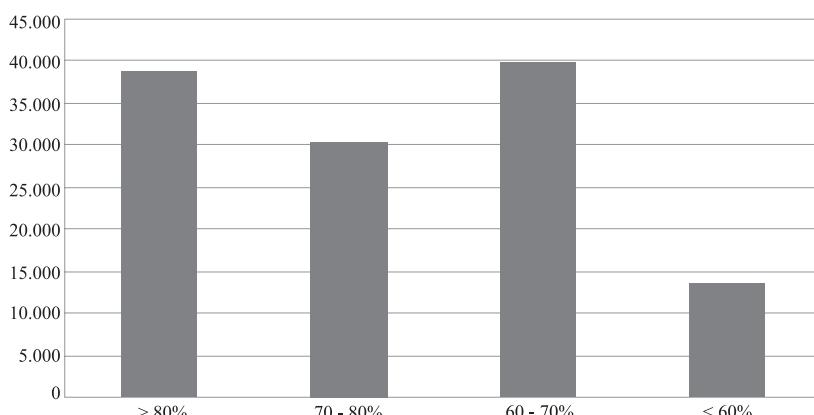
⁵ En la tabla del Anexo por comunidades aparecen valores de eficiencia en baja y total del 100%, especialmente en la columna correspondiente al año 2005. Estas cifras corresponden a riegos en precario, que usan cantidades de agua por debajo de las que necesita la planta y que llevan a cifras de eficiencia, de acuerdo con la definición establecida, superiores al 100%. En todas las estimaciones que usamos en el trabajo, las eficiencias usadas nunca superan el 100%, y coinciden con las de la tabla del Anexo, corrigiendo parcialmente el sesgo que producen los riegos en precario.

⁶ Hace dos décadas, la Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) consideró que niveles de eficiencia total entre el 50 y 60% podían ser valorados como “good efficiency” (FAO, 1989; Annex I).

Estos resultados coinciden con trabajos previos que estiman el nivel de eficiencia en el Alto Aragón. Tedeschi *et al.* (2001) estiman niveles de eficiencia del 60% a finales del siglo XX en la zona de Monegros II. Playán *et al.* (2000) calculan niveles medios de eficiencia del 62% a principios del siglo XXI, obteniendo mejores resultados en algunas zonas con niveles de eficiencia en baja del 77%. En trabajos más recientes, García *et al.* (2009) estiman niveles de eficiencia de riego medios del 73% en la Comunidad de Regantes nº V del Canal de Bardenas próxima a la CGRAA. Este trabajo, por tanto, confirma estos resultados parciales, rellenando las lagunas existentes y dando estimaciones de los niveles de eficiencia de riego y de los usos para el conjunto de la CGRAA y para cada una de las comunidades que la componen.

El Gráfico 2 clasifica la superficie de regadío de acuerdo con el nivel de eficiencia en baja obtenido. Casi una tercera parte del regadío de la CGRAA tiene una eficiencia en baja superior al 80%. Otro 25% de la superficie la tiene entre el 70% y 80%, lo que hace que más del 50% de la superficie total de la CGRAA tenga un buen nivel de eficiencia en baja. No olvidemos que son regadíos abiertos, no en invernadero. Por el contrario, sólo un 11% de la superficie tiene niveles de eficiencia en baja inferiores al 60%. Sobre esta superficie y sobre un tercio más que tiene el nivel de eficiencia en baja entre el 60% y 70%, es donde debería centrarse la política de modernización. Estos resultados, y las mejoras observables respecto a la situación de hace unas décadas, sólo han sido posibles por los procesos de modernización recientes y en marcha (Cuadro 1).

GRÁFICO 2
Hectáreas de pleno derecho según nivel de eficiencia en baja



Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

3.2. Evolución de los niveles de eficiencia

En el Cuadro 5 se observa la evolución anual a lo largo de la década de los tres niveles de eficiencia: en alta, en baja y total, revelándose una tendencia ligeramente creciente en los tres niveles. Esto se debe en buena medida a la mejora en las técnicas de riego empleadas, mejoras que han sido forzadas por la lenta reducción de los volúmenes de agua disponibles y por el incremento de superficie regada. En el año 2005, el año más seco de la década en esta zona, se observa un aumento del déficit hídrico lo que genera niveles de eficiencia tanto en baja como total muy elevados que alcanzan el 80% y 96% respectivamente, resultados similares a los obtenidos para ese año en García *et al.* (2009), aunque la eficiencia en alta disminuye. También en 2008, otro año seco, aumentan significativamente los niveles de eficiencia en baja y total, pero esta vez la eficiencia en alta mantiene un nivel de eficiencia elevado. En el año 2009 se observa una importante caída en la eficiencia total, pero esta no se produce por un uso ineficiente del agua en baja, ya que esta mantiene un nivel elevado, sino por un aumento en la disponibilidad de agua, que obliga a realizar vertidos por falta de volumen de almacenamiento y que hace caer la estimación de la eficiencia en alta.

CUADRO 5

Evolución anual de los tres niveles de eficiencia. En porcentaje

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | Promedio |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| En alta | 84 | 86 | 87 | 88 | 83 | 87 | 89 | 88 | 74 | 92 | 86 |
| En baja | 66 | 68 | 69 | 66 | 96 | 78 | 65 | 71 | 71 | 65 | 72 |
| Total | 55 | 58 | 60 | 58 | 80 | 68 | 58 | 63 | 52 | 59 | 61 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

3.3. ¿Es suficiente el agua disponible para el riego de los cultivos?

Una vez que se conocen los niveles de eficiencia y las necesidades hídricas de cada planta, es posible comprobar si el volumen de agua suministrado a la CGRAA y que ha mostrado una tendencia ligeramente decreciente, es suficiente para el riego de los cultivos, o si por el contrario existe un déficit para cubrir sus necesidades hídricas. En el Cuadro 2 se obtenía una dotación en salida de embalse de 6.973 m³/ha como promedio de los diez años. Como el nivel de eficiencia total es del 61%, con esos 6.973 m³/ha se tiene una dotación neta media de 4.254 m³/ha. Si nos fijamos en el Cuadro 3, los 4.254 m³/ha son insuficientes en todas las comarcas de la comunidad para el riego de cultivos como el maíz, el arroz, los cultivos industriales, la patata, la alfalfa, los frutales, el almendro o el viñedo. Si la eficiencia total se elevara al 70%, con esos 6.973 m³/ha se obtendría una dotación de 4.881 m³/ha, que sigue siendo insuficiente para el maíz, el arroz, la alfalfa, los frutales o el almendro en todas las

comarcas. En consecuencia, incluso en un año medio es imposible dedicar la totalidad de la superficie a cultivar maíz, arroz, alfalfa, frutales o almendro, que son los productos más rentables y de gran interés por su papel básico para la industria, la elaboración de piensos y la importación. El cultivo de estos productos sólo es posible si se combina con otros productos menos exigentes de agua, como trigo, cebada, leguminosas, olivo,..., aunque sean menos rentables (Tedeschi *et al.*, 2001). Por tanto, la introducción de productos más exigentes de agua en la CGRAA, que tengan una mayor rentabilidad económica y que permitan hacer frente a la costosa modernización, puede verse realmente limitada por la falta e inseguridad del suministro de agua, con independencia de que estos cultivos sean económicamente viables y demandados por el mercado nacional e internacional.

Los resultados muestran por un lado que la dotación de agua es insuficiente en la situación actual del regadío, y por otro la reciente mejora de la eficiencia en el uso del agua mediante la modernización de los regadíos. Sin duda esta última opción es importante pero tiene claros límites, ya que algunas pérdidas en el uso del agua resultan inevitables o muy difíciles de reducir, como por ejemplo las pérdidas por percolación profunda. Si como ya hemos visto, las pérdidas por el transporte están alrededor del 15% y las debidas a la percolación profunda, arrastre del viento y evaporación en la aplicación pueden alcanzar el 9,5% (MARM, 2001), será muy difícil lograr niveles de eficiencia en baja superiores al 85% y de eficiencia total superiores al 70%.

Por otra parte, aún finalizando la modernización y suponiendo que todos los regadíos con un nivel de eficiencia en baja actualmente inferior al 70% alcanzarán ese nivel de eficiencia, el ahorro de agua sin cambiar cultivos sería únicamente según nuestros datos de unos 90 hm³, cifra inferior a los déficits que están teniendo lugar como veremos después. Además no debemos olvidar que la modernización en general no libera realmente agua, ya que los ahorros son absorbidos por la intensificación de los cultivos y por los cambios de estos. Recordemos finalmente algunas características particulares de la CGRAA como los largos períodos de riego, parcelas de tamaño pequeño o la dificultad para gestionar el riego nocturno durante el verano, que dificultan también la mejora de los niveles de eficiencia (Lecina *et al.*, 2010a).

Para ser más concretos, vamos a intentar cuantificar cuál es la falta de agua o déficit bajo las condiciones actuales y vamos a hacerlo bajo dos supuestos, en el primero la estructura de cultivos será la de 2001, usándose en el segundo la estructura de cultivos media de 2001 a 2010. La primera corresponde al año más exigente en agua por hectárea cultivada de los años analizados, debido principalmente al mayor peso de la alfalfa y el maíz. Podemos considerarla una primera aproximación de la estructura hacia la que se tendería si no hubiera restricciones en la disponibilidad de agua. Los resultados se muestran en el Cuadro 6. La segunda describe mejor la situación del año a año, y está claramente afectada por los procesos de ajuste que han realizado los agricultores con la información disponible al comienzo de campaña, los resultados se muestran en el Cuadro 7. Pero en este caso, no debería olvidarse que la distribución media de cultivos que estamos usando está lejos de ser óptima, como veremos más tarde.

En ambos cuadros puede verse la comparación entre el volumen de agua necesario para cubrir los requerimientos hídricos necesarios para el riego⁷ con niveles de eficiencia total del 60% y 70% (la demanda requerida en ambos cuadros), y el volumen de agua realmente suministrado a la CGRAA durante esos años. La diferencia entre estos volúmenes permite conocer el déficit y la disponibilidad de agua respecto a los volúmenes suministrados. Los valores positivos indican que el volumen de agua demandada superó al suministro, presentándose por tanto un déficit, por el contrario los valores negativos señalan que el volumen de agua suministrado cubrió totalmente las demandas. Nótese, que al elevarse el nivel de eficiencia, los déficits que se presentan son menores o pasan a superávits (cifras negativas), aumentando por el contrario los superávits (cifras negativas de mayor tamaño).

El Cuadro 6 muestra que con un nivel de eficiencia total del 60%, muy similar al nivel actual, el volumen de agua suministrado desde los embalses habría sido insuficiente para cubrir la demanda requerida en todos los años salvo en 2001, porque en ese año el volumen de agua suministrado desde el embalse fue elevado y superó en 49 hm³ las demandas requeridas. En concreto, en el año 2005, hubiesen faltado 430,6 hm³. Si el nivel de eficiencia total lo elevamos al 70%, los volúmenes de agua suministrados hubieran sido suficientes para algunos años (2001, 2002, 2003, 2004 y 2009), pero en otros cinco años (2005, 2006, 2007, 2008 y 2010) no permiten cubrir las necesidades de los cultivos. Es importante notar que son los últimos años los que tienen déficits o falta de agua (salvo el 2009), habiendo influido en ello la menor disponibilidad de agua pero sobre todo el crecimiento constante de la superficie de regadío. Estos resultados revelan también la baja seguridad del suministro, que de cara a la rentabilidad es casi tan importante como el propio suministro.

CUADRO 6
Requerimientos de agua en la CGRAA para los cultivos del 2001

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|----------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Necesidades hídricas | 586,0 | 590,0 | 592,0 | 594,0 | 598,0 | 599,0 | 614,0 | 603,0 | 605,0 | 606,0 |
| hm ³ suministrados | 1.025,0 | 909,0 | 912,0 | 949,0 | 566,0 | 748,0 | 875,0 | 696,0 | 949,0 | 848,0 |
| Nivel de eficiencia 60% | Demandas requeridas | 976,0 | 984,0 | 986,0 | 990,0 | 996,0 | 998,0 | 1.023,0 | 1.004,0 | 1.009,0 |
| | hm ³ de déficit | -48,7 | 74,7 | 74,3 | 41,3 | 430,6 | 250,5 | 148,8 | 307,9 | 59,6 |
| Nivel de eficiencia 70% | Demandas requeridas | 837,0 | 843,0 | 846,0 | 849,0 | 854,0 | 856,0 | 877,0 | 861,0 | 865,0 |
| | hm ³ de déficit | -188,2 | -65,9 | -66,6 | -100,2 | 288,2 | 107,9 | 2,6 | 164,5 | -84,5 |
| | | | | | | | | | | |
| Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA. | | | | | | | | | | |

⁷ Se considera la media ponderada de los requerimientos hídricos obtenida en el Cuadro 3.

Si estos cálculos se analizan para la distribución media de los cultivos entre 2001-2010, con un 60% de eficiencia se obtienen déficits de agua en cinco de los 10 años, aunque menores que antes porque la composición de los cultivos es menos exigente en agua⁸. Si el nivel de eficiencia total se eleva al 70%, sólo falta agua en tres años, los tres años más secos, habiendo sido el déficit obtenido para 2005 de más de 185 hm³. No obstante, no debemos olvidar las condiciones para que esto ocurra, tener una eficiencia total del 70% y tener una estructura de cultivos muy alejada de lo deseable por rentabilidad.

CUADRO 7

**Requerimientos de agua en la CGRAA
para la distribución media de cultivos 2001-2010**

| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Necesidades hídricas | 515,0 | 519,0 | 521,0 | 523,0 | 526,0 | 527,0 | 540,0 | 530,0 | 532,0 | 533,0 |
| hm ³ suministrados | 1.025,0 | 909,0 | 912,0 | 949,0 | 566,0 | 748,0 | 875,0 | 696,0 | 949,0 | 848,0 |
| Nivel de eficiencia 60% | Demanda requerida | 859,0 | 865,0 | 868,0 | 871,0 | 876,0 | 878,0 | 900,0 | 883,0 | 887,0 |
| | hm ³ de déficit | -166,5 | -43,9 | -44,6 | -78,1 | 310,4 | 130,2 | 25,4 | 186,8 | -62,0 |
| Nivel de eficiencia 70% | Demanda requerida | 736,0 | 742,0 | 744,0 | 747,0 | 751,0 | 752,0 | 772,0 | 757,0 | 760,0 |
| | hm ³ de déficit | -289,1 | -167,5 | -168,5 | -202,5 | 185,3 | 4,8 | -103,2 | 60,7 | -188,7 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

Por último, ante los planes previstos de extender la superficie de cultivo hasta 185.000 hectáreas, conviene preguntarnos si los niveles de suministro de agua actuales permitirán cubrir las necesidades hídricas de esos cultivos. Vistos los resultados anteriores la respuesta esperada es no, pero veámoslo con más detalle. En el Cuadro 8 se plantean dos escenarios posibles, en el primer escenario se extiende la superficie de cultivo hasta las 150.000 hectáreas, y en el segundo escenario se alcanzan las 185.000 hectáreas, asumiéndose en ambos el patrón de cultivos del año 2001 y que el agua suministrada es la media de los diez años, 848 hm³ (Cuadro 2). Los resultados muestran que el déficit de agua alcanza los 620 hm³ si se quieren regar las 185.000 hectáreas con un nivel de eficiencia total del 60% y los 410 hm³ si el nivel de eficiencia total se eleva al 70%. Las cifras son menores para las 150.000 has, pero son también elevadas, 342 hm³ y 172 hm³.

⁸ No hay que olvidar que los propios agricultores, con la información disponible al principio de campaña, adaptaron sus cultivos a las disponibilidades de agua, lo que se refleja en la composición media de los cultivos y en una menor demanda de agua.

CUADRO 8
Previsiones de requerimientos de agua (hm³)

| Hectáreas | 150.000 | | 185.000 | |
|-----------------------------------|---------|-------|---------|-------|
| Nivel de eficiencia total | 60% | 70% | 60% | 70% |
| Necesidades hídricas | 714 | 714 | 881 | 881 |
| hm ³ demanda requerida | 1.190 | 1.020 | 1.468 | 1.258 |
| hm ³ suministrados | 848 | 848 | 848 | 848 |
| hm ³ de déficit | 342 | 172 | 620 | 410 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.

Es frecuente replicar la anterior argumentación diciendo que la solución son las regulaciones pendientes, pero esto cambia poco el problema como veremos con más detalle en las conclusiones. Las dos principales regulaciones pendientes en la CGRAA son el pantano de Biscarrués y la Balsa reguladora de Almudévar, que tendrán capacidades de 35 hm³ y 169 hm³, claramente insuficientes para cubrir el déficit y asegurar el regadío de las 185.000 hectáreas según el Cuadro 8. Podrían sin duda paliar una buena parte de los déficits en el caso de las 150.000 hectáreas si con la modernización se alcanza una eficiencia del 70%. Sin embargo, no debemos olvidar que estamos hablando de valores medios, lo que significa que tampoco serían suficientes para las 150.000 hectáreas si el año es seco.

4. Evolución del patrón de cultivos

En el apartado anterior hemos utilizado la distribución de la superficie de riego por cultivos para conocer el volumen de agua requerido por los cultivos en la CGRAA. En este apartado vamos a analizar si se ha producido o no un cambio en los patrones de los cultivos en los últimos años como consecuencia de las dotaciones de agua, observando sobre todo la evolución de la superficie cultivada, la producción de cada cultivo y su rentabilidad.

4.1. Evolución anual por grupos de cultivos

El patrón de cultivos depende de varios aspectos fundamentales, entre los que destaca la disponibilidad de recursos hídricos, los costes de producción y las subvenciones, en concreto las ayudas procedentes de la Política Agraria Común (PAC en adelante). La mayor regulación de la oferta de recursos hídricos a lo largo del siglo XX permitió a los agricultores introducir cultivos con mayores requerimientos hídricos (Pinilla, 2006). En la CGRAA, durante los años ochenta, se redujeron cultivos como los cereales de invierno para introducir cultivos como el maíz, el arroz o los forrajes (Silvestre y Clar, 2010). En concreto, en regadíos próximos a la CGRAA

durante los años noventa el cultivo de la alfalfa pasó de ocupar el 4% de la superficie al 43,4% (Dechmi *et al.*, 2003).

El Cuadro 9 muestra la evolución anual de la superficie de riego de los principales cultivos, en la que puede verse el profundo cambio que ha tenido lugar en la distribución de las superficies de cultivo desde el año 2001 al año 2010.

CUADRO 9
Evolución de la superficie de los principales cultivos en la CGRAA (Has)

| Cultivos | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Trigo | 2.489 | 5.053 | 4.342 | 5.719 | 4.157 | 5.319 | 7.346 | 9.475 | 5.517 | 8.162 |
| % | 2,21 | 4,48 | 3,85 | 5,07 | 3,64 | 4,60 | 6,28 | 8,08 | 4,72 | 6,86 |
| Cebada | 9.992 | 12.665 | 12.469 | 13.430 | 14.668 | 18.825 | 20.676 | 31.683 | 23.175 | 26.662 |
| % | 8,89 | 11,24 | 11,06 | 11,91 | 12,85 | 16,27 | 17,69 | 27,03 | 19,81 | 22,40 |
| Maíz | 40.712 | 34.978 | 37.001 | 35.417 | 22.688 | 24.258 | 26.723 | 22.361 | 26.412 | 23.494 |
| % | 36,21 | 31,03 | 32,81 | 31,40 | 19,88 | 20,97 | 22,86 | 19,08 | 22,58 | 19,74 |
| Alfalfa | 29.253 | 30.527 | 31.208 | 31.459 | 29.478 | 30.003 | 25.838 | 22.031 | 26.510 | 27.921 |
| % | 26,02 | 27,08 | 27,67 | 27,89 | 25,83 | 25,94 | 22,10 | 18,79 | 22,66 | 23,46 |
| Arroz | 5.487 | 5.162 | 5.245 | 6.282 | 4.542 | 4.631 | 6.345 | 4.445 | 5.717 | 6.693 |
| % | 4,88 | 4,58 | 4,65 | 5,57 | 3,98 | 4,00 | 5,43 | 3,79 | 4,89 | 5,62 |
| Cultivos industriales | 9.069 | 4.349 | 4.975 | 3.610 | 2.271 | 1.712 | 1.099 | 1.759 | 1.707 | 864 |
| % | 8,07 | 3,86 | 4,41 | 3,20 | 1,99 | 1,48 | 0,94 | 1,50 | 1,46 | 0,73 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la DGA (2011a).

Como se observa, la alfalfa se ha mantenido a lo largo del período, aunque muestra una ligera tendencia decreciente. La superficie destinada al cultivo del trigo ha crecido más del triple, a diferencia de la tendencia observada a finales del siglo anterior. La superficie destinada a la cebada se ha incrementado casi al triple, produciéndose el gran cambio principalmente en los años 2002, 2005 y 2008, lo que indica que esta evolución estuvo muy ligada al volumen de agua suministrada, que cae en los tres años (Cuadro 2). No debemos olvidar que el cultivo de la cebada proporciona gran flexibilidad a los agricultores al poderla cultivar en los años más secos porque es menos exigente en agua y existir variedades de cebada de ciclo corto que se siembran en invierno. Respecto al maíz, su superficie se reduce de un 36,21% de la superficie total en 2001 a un 19,7% en 2010. El cultivo del girasol prácticamente ha desaparecido, su expansión en los años noventa se debió principalmente a las subvenciones a este cultivo por parte de la Comunidad Europea (Faci *et al.*, 2000). La superficie destinada al cultivo del arroz es prácticamente fija debido a que buena parte de los terrenos dedicados al arroz son tierras con condiciones de salinidad que no favorecen a otros cultivos, y también a las ayudas específicas recibidas para este cultivo por parte de la PAC (Atance *et al.*, 2006).

Resumiendo, en la década 2001-2010 se ha producido un cambio significativo en los patrones de cultivo hacia el cultivo de cebada y trigo, cultivos que consumen menor cantidad de agua, todo ello muy influenciado como vamos a ver por las deficiencias en el agua disponible para riego y por el cambio experimentado en las ayudas procedentes de la PAC. A partir de 2006 las ayudas fueron en gran parte desacopladas (Atance *et al.*, 2006).

4.2. Rentabilidad de los cultivos

Para confirmar la anterior afirmación vamos a analizar también la evolución de la producción (en toneladas) de los cultivos más significativos (ver Cuadro 10). La producción de cebada en toneladas se ha triplicado al igual que ocurre con el trigo. La producción del maíz ha disminuido, produciéndose la caída especialmente en los años secos de 2005 y 2008, aunque muestra una ligera recuperación en los últimos años. Por su parte, la producción de la alfalfa cae ligeramente, un 12,5% aproximadamente de 2001 a 2010, con caídas mayores en 2005 y 2008, de nuevo los años secos, aunque su caída es inferior a la del maíz que llega al 23,74%, como también se señala en Barros *et al.* (2011) y en García *et al.* (2009). Por tanto, esta evolución es coherente con la reducción de las disponibilidades de agua, que se manifiestan especialmente en los años de sequía.

CUADRO 10
Evolución de la producción en la provincia de Huesca (Tn)

| Cultivos | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Trigo | 25.287 | 58.786 | 52.710 | 40.186 | 33.317 | 63.917 | 73.223 | 87.987 | 58.786 | 78.755 |
| % de 2001 | 100,00 | 232,48 | 208,45 | 158,92 | 131,76 | 252,77 | 289,57 | 347,95 | 232,48 | 311,44 |
| Cebada | 81.712 | 194.945 | 128.962 | 128.005 | 92.676 | 194.613 | 201.488 | 209.183 | 194.945 | 248.098 |
| % de 2001 | 100,00 | 238,58 | 157,83 | 156,65 | 113,42 | 238,17 | 246,58 | 256,00 | 238,58 | 303,62 |
| Maíz | 565.176 | 413.711 | 457.476 | 551.598 | 308.848 | 312.334 | 394.930 | 286.243 | 413.711 | 431.016 |
| % de 2001 | 100,00 | 73,20 | 80,94 | 97,60 | 54,65 | 55,26 | 69,88 | 50,65 | 73,20 | 76,26 |
| Alfalfa | 3.493.542 | 2.887.924 | 2.991.207 | 3.078.500 | 2.427.515 | 3.349.808 | 3.036.080 | 2.703.786 | 2.887.924 | 3.058.924 |
| % de 2001 | 100,00 | 82,66 | 85,62 | 88,12 | 69,49 | 95,89 | 86,91 | 77,39 | 82,66 | 87,56 |

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2011b).

¿Ha influido en la evolución posibles cambios en los rendimientos por hectárea? La comparación de las cifras de los Cuadros 9 y 10 excluye esta posibilidad, ya que el valor del ratio: toneladas/hectárea, obtenido a partir de ambos cuadros es a lo largo de la década muy similar en trigo y cebada, mejora muy ligeramente en alfalfa y mejora notablemente en maíz. No explica por tanto la evolución que hemos visto en los patrones de cultivo, incrementos de rendimientos del trigo y cebada, y caídas en maíz y alfalfa. Más aún, si comparamos el rendimiento de los principales cultivos en la provincia de Huesca respecto a la media española (ver Cuadro 11), observamos que las características del suelo de Huesca favorecen los cultivos del maíz y de la alfalfa

en el regadío, cuyas producciones han caído a lo largo de la década, teniendo el primero un rendimiento medio similar al de España pero elevado, y el segundo un rendimiento muy superior a la media española. Mientras que otros cultivos como el trigo, la cebada, cuyas producciones han crecido, y el arroz tienen un menor rendimiento en Huesca que en el resto de España.

CUADRO 11

Rendimiento de cultivos de regadío (kg/ha). Promedio 2001-2008⁹

| Cultivos | Huesca | España |
|----------|--------|--------|
| Trigo | 4.097 | 4.375 |
| Cebada | 4.032 | 4.190 |
| Maíz | 9.993 | 10.106 |
| Arroz | 5.535 | 7.098 |
| Girasol | 2.147 | 1.923 |
| Alfalfa | 72.415 | 59.891 |

Fuente: Elaboración propia a partir de MARM (2001-08) y DGA (2011b).

Si volvemos la vista a la estricta rentabilidad económica de los cultivos obtenemos la misma conclusión, la evolución de los cultivos ha dependido sobre todo de la disponibilidad de agua y en menor medida de la rentabilidad. El Cuadro 12 muestra el margen bruto de los principales cultivos en Aragón. Estas cifras permiten observar los resultados económicos (ventas + subvenciones – costes directos) y son una de las herramientas básicas para la toma de decisiones de los agricultores. Los cultivos más rentables por hectárea son la alfalfa y el maíz, y sin embargo sus producciones han caído sistemáticamente a lo largo de la década. También vemos que el trigo y la cebada han ido perdiendo rentabilidad, y sin embargo sus producciones han crecido.

En el caso del maíz podemos ver en el Cuadro 12 que su rentabilidad cayó muchísimo en 2008 y que tuvo una ligera recuperación en el año 2009, habiéndose mantenido a pesar de todo en 2008 por encima de la rentabilidad de la cebada y superando en 2009 tanto al trigo como a la cebada. Esta caída de rentabilidad no puede atribuirse de forma principal a la sequía, que no existió en 2009, se debió principalmente a la caída de precios y a los aumentos de costes tras la subida del precio de los abonos, y ello a pesar de que el rendimiento del cultivo del maíz (kg/ha) se mantuvo. Esto debe advertirnos de que no todo debe atribuirse de una forma simplista a la disponibilidad de agua, el mercado es muy importante y juega también un papel fundamental en la producción de regadío y en su comercialización.

⁹ Los datos de 2009 y 2010 no están disponibles.

CUADRO 12

Evolución del margen bruto estándar para cultivos de regadío (€/ha)

| Cultivos | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Trigo | 597,13 | 737,59 | 622,09 | 699,35 | 601,63 | 438,16 | 737,49 | 549,47 | 477,49 |
| Cebada | 436,43 | 562,91 | 613,04 | 517,36 | 507,38 | 429,13 | 689,76 | 403,87 | 288,55 |
| Maíz | 955,94 | 1.116,45 | 1.127,31 | 1.173,17 | 1.014,35 | 1.108,05 | 1.581,82 | 500,08 | 724,19 |
| Alfalfa | 1.078,87 | 1.030,12 | 1.114,02 | 1.093,39 | 1.061,67 | 815,34 | 1.037,49 | 1.393,81 | 1.133,49 |

Fuente: MARM (2001-2009).

En definitiva, podemos afirmar que han sido la falta de agua en los años más secos, como el año 2005, y la caída de dotación por hectárea a lo largo de toda la década los motores principales que han llevado a reducir los cultivos más exigentes de agua, principalmente el maíz, y los que están llevando hacia cultivos menos exigentes como la cebada y el trigo, a pesar de que la rentabilidad económica de estos últimos cultivos es inferior e incluso se está reduciendo en los últimos años. En el año 2008, de nuevo con restricciones hídricas severas, esta tendencia se ha visto agravada por la menor rentabilidad económica del cultivo del maíz y por el cambio en la PAC hacia subvenciones no asociadas a la superficie cultivada, y por tanto, no dependientes de los cultivos concretos (desacoplamiento).

5. Conclusiones

En los últimos años ha tenido lugar un fuerte debate sobre la orientación de la planificación hidrológica en España. A lo largo del siglo XX, han predominado los modelos de oferta centrados en el fomento de infraestructuras que permitían cubrir las demandas crecientes de agua y la expansión de la superficie regada. Por el contrario, en la actualidad se trabaja con otros principios que buscan sobre todo la eficiencia, la sostenibilidad y el mantenimiento del buen estado de las aguas. En este marco, las comunidades de regantes pueden jugar un papel fundamental, ya que son los principales usuarios del agua regulada y obtienen sus rentas de los usos de ésta.

Es en este contexto donde se sitúa este trabajo, que analiza la situación hídrica del Alto Aragón durante la primera década del siglo XXI, en concreto realiza un estudio de las demandas de agua, los niveles de eficiencia en el uso de agua para riego y la estructura de los cultivos y su rentabilidad para la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, un sistema de regadío que concentra 2/3 aproximadamente del regadío de Huesca y que incluye 58 comunidades de regantes.

Desde el punto de vista de la demanda, esta Comunidad general se enfrenta a varios hechos, por una parte debe cubrir demandas crecientes por parte de los abastecimientos urbanos (ya que se extiende por una región de gran aridez) y de las industrias. Estas demandas presentan una menor elasticidad y una mayor rigidez que las

demandas de los agricultores, aunque porcentualmente en estos momentos son una parte pequeña de los usos. Por otra, el agua regulada suministrada a la CGRAA por la CHE ha sido claramente decreciente a lo largo de la década. Y parece que esta caída puede ser permanente o incluso agravarse, ya que es debida con alta probabilidad a los procesos de revegetación en cabecera de los ríos y a los efectos del cambio climático. Esto representa un cambio muy importante respecto a la situación del siglo anterior, caracterizada por el incremento de la oferta y la disponibilidad creciente de agua. Más aún, la superficie regada en la CGRAA es cada año mayor y la tendencia marcada por los planes previstos es la de mantener este crecimiento. Todo ello lleva sin duda a la necesidad de replantear en profundidad la gestión hídrica por parte, tanto de la CHE, como de las propias comunidades de regantes.

Como el agua suministrada a la CGRAA no ha crecido en los últimos 20 años (su regulación es prácticamente la misma que hace dos décadas) pero sí lo ha hecho la superficie regada, los hechos nos obligan a asumir que en la actualidad se está utilizando el agua de forma más eficiente que a principios de siglo, sólo así se puede regar más superficie con las mismas dotaciones. Esta es una idea guía del trabajo.

Usando datos altamente fiables: informaciones de consumos reales por cada comunidad a lo largo de los 10 años, facilitados por la propia CGRAA; suministros de agua regulada hechos a la Comunidad general por la CHE; y por último, la información disponible sobre estructuras de cultivos anuales disponibles por el Gobierno de Aragón, ha sido posible obtener estimaciones muy robustas de los niveles de eficiencia y de los déficits potenciales de la CGRAA.

Del total de agua suministrada a la comunidad desde el embalse, una media del 85,77% es realmente utilizada en la comunidad. Esto refleja una baja pérdida de agua en el transporte a las parcelas, de sólo el 14,23% (es de tipo abierto, no por tuberías). Además estas pérdidas son todavía menores porcentualmente en los períodos de plena utilización de los canales de transporte, es decir, durante la campaña de riego.

Los resultados señalan una eficiencia total media en la CGRAA a lo largo de los diez años del 61%, que supone un nivel de eficiencia en baja media del 72%. Todo ello representa un salto impresionante respecto a la situación de hace tres o cuatro décadas, se ha pasado de eficiencias inferiores al 45% a una eficiencia de más del 60%, pero además hay en estos momentos un proceso de modernización acelerado en el que $\frac{3}{4}$ de la superficie ya se han modernizado, pasando del riego por gravedad a riego localizado o por aspersión.

Dado el nivel de eficiencia alcanzado del 61%, con la dotación media a lo largo de la década de 6.973 m³/ha se ha tenido una dotación neta (eliminadas las pérdidas) para la planta de 4.254 m³/ha, lo que resulta insuficiente para cultivos como el maíz, el arroz, los cultivos industriales, la patata, la alfalfa, los frutales, el almendro o el viñedo. Si la eficiencia total se elevara al 70%, la dotación que se obtendría seguiría siendo insuficiente para el maíz, el arroz, la alfalfa, los frutales o el almendro. Esta insuficiencia se hará más grave a medida que la extensión de cultivo en regadío crezca como está previsto. En concreto, si se pasa a las 185.000 hectáreas previstas, los déficits obtenidos de 620 y 410 hm³ según el nivel de eficiencia serían tan eleva-

dos que será imposible cubrirlos con garantía con las dotaciones actuales. Y aunque sólo se llegase a las 150.000 hectáreas, las dotaciones actuales serían igualmente insuficientes ya que se obtendría un déficit de 172 hm³, aún con niveles de eficiencia total del 70%.

En los últimos años, el maíz y la alfalfa han sido los principales y más rentables cultivos de la CGRAA, siendo también los que mayor agua consumen junto con el arroz y los frutales y presentando un alto rendimiento económico, muy superior al de otros cultivos. Aunque estos cultivos son esenciales para la industria agroalimentaria y la actividad ganadera, su demanda no se cubre con los cultivos propios lo que lleva a que se importen grandes cantidades del exterior o de otras regiones (Sánchez-Chóliz, 2007).

Más aún, a pesar de la relevancia e interés económico de estos dos cultivos, en esta última década se ha observado un cambio en los patrones de cultivo hacia productos menos exigentes de agua, como la cebada y el trigo. Ello se ha debido a diversas causas, pero quizás la más relevante ha sido la insuficiencia de las dotaciones de agua suministrada y la inseguridad en su suministro con la regulación actual. Sin duda la política de la PAC, y en particular el desacoplamiento de las subvenciones de la PAC (a partir de 2006) han influido en estos cambios, al depender muy poco las subvenciones de la superficie y por consiguiente, del producto concreto que se cultiva y de su valor. También los cambios en los precios de venta (ejemplo la caída del precio del maíz en 2008) y el encarecimiento de materias primas como abonos han influido. Pero estos dos últimos hechos han sido menos determinantes que los problemas de la falta de agua, ello explica que los cambios se hayan acelerado sobre todo en 2005 y 2008, los dos años de mayor sequía.

De lo visto anteriormente, se pueden obtener algunas recomendaciones que pueden ser de ayuda para mejorar ese marco de decisión. En nuestra opinión, en primer lugar es necesario en el corto plazo finalizar los procesos de modernización, alcanzando en los próximos 10 ó 15 años la eficiencia total del 70%, aunque para ello se deban cofinanciar las transformaciones; sin esta condición toda planificación es muy difícil.

No parece haber tampoco muchas dudas sobre la urgencia de nuevas regulaciones, ya que la garantía de agua para los riegos actuales es muy baja, como demuestran los fuertes déficits registrados especialmente los últimos años secos. Pero estas nuevas regulaciones deberían limitarse a lo ya previsto, pantano de Biscarrués y Balsa de regulación de Almudévar, porque las capacidades de las cuencas del Gállego y Cinca están cerca de sus límites y también por los impactos medioambientales y sociales. No obstante, esta mayor capacidad de regulación no debería usarse para extender el regadío, que ya supera en estos momentos las 130.000 hectáreas, sino para consolidar los existentes, aumentar las garantías de suministro y crear algún tipo de regulación plurianual. Sólo así cultivos como la alfalfa o el maíz, que son muy rentables y necesarios económicamente, volverán a recuperar su papel y no serán desplazados por cereales como el trigo o la cebada. Más aún, la existencia de una mayor garantía de riego favorecerá la ampliación de otros cultivos como frutales u hortalizas, que tienen un gran valor añadido. Debería por tanto promoverse una moratoria sobre la

extensión de los regadíos futuros, limitando el regadío al existente, unas 130.000 hectáreas; es la única manera de evitar frustraciones en las expectativas creadas tanto a los agricultores como al conjunto de la sociedad. Más aún, debería también realizarse una política de retirada de las tierras del regadío más problemático (mala calidad de la tierra, alta salinidad, o costes energéticos muy elevados), retirada que se justifica en la baja rentabilidad de esas tierras o en el fuerte impacto medioambiental.

Indudablemente para llevar adelante estos cambios se necesita el apoyo de los interesados y un cierto consenso social. Ello es muy importante, pero no debe tampoco olvidarse que el tiempo en Economía también importa, los cambios son urgentes y no esperan.

Referencias

- AEMET. (2005). *Resumen anual climatológico del año 2005*. Agencia Estatal de Meteorología, Madrid.
- Atance, I., Barco, E., Benito, I., Compés, R. y Langreo, A. (2006). *La reforma de la Política Agraria Común: preguntas y respuestas en torno al futuro de la agricultura*. Eumedia y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Barros, R., Isidoro, D. y Aragüés, R. (2011). “Long-term water balances in La Vio-lada Irrigation District (Spain): II. Analysis of irrigation performance”. *Agricultural Water Management*, 98(10): 1569-1576. <http://doi.org/c7ct52>.
- Bielsa J., Cazcarro, I. y Sancho, Y. (2011). “Integration of hydrological and economic approaches to water and land management in Mediterranean climates: An initial case study in agriculture”. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4): 1076-1088. <http://doi.org/fxkcm7>.
- Cazcarro, I., Duarte, R., Sánchez-Chóliz, J. y Sarasa, C. (2011a). “Water rates and the responsibilities of direct, indirect and end-users in Spain”. *Economic Systems Research*, 23(4): 409-430. <http://doi.org/dtk6tf>.
- Cazcarro, I., Duarte, R., Sánchez-Chóliz, J. y Sarasa, C. (2011b). “Who should pay the cost of water? An application to a Spanish region”. En Salander, L.M. and Alwell, D.N. (Eds.): *Food production*. Nova Science Publishers, New York: 45-68.
- Dechmi, F., Playán, E., Faci, J.M. y Tejero, M. (2003). “Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. I. Characterisation and water use assessment”. *Agricultural Water Management*, 61(2): 75-92. <http://doi.org/b34b7p>.
- DGA, Diputación General de Aragón. (2009). *Anuario de estadístico agrario de Aragón 2008-2009*. Departamento de Agricultura y Alimentación, Gobierno de Aragón, Zaragoza.
- DGA, Diputación General de Aragón. (2011a). *Superficies de cultivo PAC*. Departamento de Agricultura y Alimentación, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

- DGA, Diputación General de Aragón. (2011b). *Superficies y producciones agrarias*. Departamento de Agricultura y Alimentación, Gobierno de Aragón, Zaragoza.
- DMA, Directiva Marco del Agua (2000/60/CE). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DO L 327 de 22.12.2000.
- Faci, J. M., Bensaci, A., Slatni, A. y Playaán, E. (2000). "A case study for irrigation modernisation: I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records". *Agricultural Water Management*, 42(3): 313-334. <http://doi.org/bnps66>.
- FAO, Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1989). *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling. Training manual no. 4. Annex I*. FAO, Rome.
- FAO, Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Statistical Yearbook 2009*. FAO, Rome.
- Federico, G. (2005). *Feeding the world. An economic history of agriculture, 1800-2000*. Princeton University Press, Princeton.
- García, I., Causapé, J. y Abrahao, R. (2009). "Evolution of the efficiency and agro-environmental impact of a traditional irrigation land in the middle Ebro Valley (2001-2007)". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(2): 465-473.
- Gleick, P.H. (2000). "The changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development". *Water International*, 25(1): 127-138.
- INE, Instituto Nacional de Estadística. (1965-1989). *Anuarios estadísticos*. Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E. y Aragüés, R. (2010a). "Irrigation modernization and water conservation in Spain: The case of Riegos del Alto Aragón". *Agricultural Water Management*, 97(10): 1663-1675. <http://doi.org/d66m6w>.
- Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E. y Aragüés, R. (2010b). *Ánalisis del regadío II: ¿por qué se moderniza? La productividad del regadío y el ahorro de agua*. Hoja Técnica 02/2010. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Zaragoza.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2001-2008). *Anuarios estadísticos*. Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino, Madrid.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2001-2009). *Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón*. Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino, Madrid.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2001). *Evaluación de un perímetro de riego en la zona regable del Cinca (Huesca)*. Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino, Madrid.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

- MARM. (2010). *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2010*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- 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.
- Pinilla, V. (2006). “The development of irrigated agriculture in twentieth-century Spain: a case of study of the Ebro basin”. *Agricultural History Review*, 54(1): 122-141.
- Pinilla, V. (2008). *Gestión y usos del agua en la Cuenca del Ebro en el siglo XX*. Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.
- Playán, E., Slatni, A., Castillo, R. y Faci, J.M., (2000). “A case study for irrigation modernisation. II. Scenario analysis”. *Agricultural Water Management*, 42(3): 335-354. <http://doi.org/d2ktw4>.
- Sánchez-Chóliz, J. y Duarte, R. (2006). “Mirando al futuro con esperanza”. En *Riegos del Alto Aragón (Ed.): Riegos del Alto Aragón. Impacto económico y social 1953-2003*. Riegos del Alto Aragón, Huesca. 237-260.
- Sánchez-Chóliz, J. (2007). *Ánalisis económico del uso del agua. Esquema de temas importantes. Plan Hidrológico (2007)*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Schoengeld, K. y Zibelman, D. (2007). “The economics of water, irrigation, and development”. En Evenson, R.E. y Pingali, P. (Eds.): *Handbook of Agricultural Economics*. North Holland, Amsterdam: 2939-2984. <http://doi.org/d4dmqc>.
- Silvestre, J. y Clar, E. (2010). “The demographic impact of irrigation projects: a comparison of two case studies of the Ebro basin, Spain, 1900-2001”. *Journal of History Geographic*, 36(3): 315-326. <http://doi.org/bxvxp9>.
- Tedeschi, A., Beltrán, A. y Aragüés, R. (2001). “Irrigation management and hydrosalinity balance in a semi-arid area of the middle Ebro river basin (Spain)”. *Agricultural Water Management*, 49(1): 31-50. <http://doi.org/b6xfir8>.

Anexo

Evolución de los niveles de eficiencia por comunidades. En porcentaje

| Comunidades de regantes | Tipo de eficiencia | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | Promedio |
|-------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Tardienta | Total | 83 | 76 | 100 | 85 | 79 | 84 | 76 | * | 60 | 68 | 81 |
| | En baja | 100 | 89 | 100 | 96 | 95 | 96 | 86 | * | 83 | 75 | 92 |
| Torralba De Aragon | Total | 60 | 63 | 70 | 67 | 96 | 89 | 79 | 76 | 35 | * | 75 |
| | En baja | 71 | 73 | 80 | 77 | 100 | 100 | 89 | 87 | 48 | * | 85 |
| Almudevar | Total | 39 | 41 | 45 | 47 | 64 | 57 | 53 | 67 | * | 81 | 55 |
| | En baja | 46 | 48 | 52 | 53 | 78 | 65 | 60 | 76 | * | 89 | 63 |
| El Temple | Total | 33 | 32 | 33 | 32 | 55 | 41 | 34 | 33 | 23 | 31 | 35 |
| | En baja | 39 | 38 | 38 | 37 | 66 | 47 | 39 | 38 | 31 | 34 | 41 |
| Gurrea De Gallego | Total | 32 | 32 | 35 | 36 | 57 | 41 | 39 | 39 | 26 | 37 | 38 |
| | En baja | 38 | 37 | 40 | 42 | 69 | 48 | 45 | 45 | 36 | 40 | 44 |
| Llanos De Camarera | Total | 86 | 75 | 74 | 65 | 93 | 70 | 54 | 41 | 24 | 32 | 61 |
| | En baja | 100 | 89 | 86 | 75 | 100 | 80 | 62 | 47 | 33 | 35 | 71 |
| Joaquín Costa | Total | 47 | 50 | 51 | 52 | 92 | 67 | 57 | 62 | 35 | 45 | 56 |
| | En baja | 56 | 59 | 59 | 60 | 100 | 77 | 64 | 70 | 48 | 49 | 64 |
| Collarada 1ª Sección | Total | 75 | 83 | 92 | 83 | * | 82 | 81 | 97 | 81 | * | 83 |
| | En baja | 89 | 97 | 100 | 95 | * | 94 | 92 | 100 | 100 | * | 95 |
| Collarada 2ª Sección | Total | 71 | 73 | 80 | 75 | 83 | 75 | 75 | 83 | 47 | 51 | 71 |
| | En baja | 85 | 85 | 91 | 85 | 100 | 87 | 85 | 95 | 65 | 55 | 83 |
| Cartuja-San Juan | Total | 38 | 43 | 46 | 44 | 68 | 50 | 37 | 41 | 32 | 40 | 44 |
| | En baja | 46 | 51 | 53 | 50 | 82 | 58 | 42 | 47 | 44 | 44 | 51 |
| Lanaja | Total | 38 | 43 | 43 | 41 | 59 | 67 | 41 | 51 | 34 | 46 | 46 |
| | En baja | 45 | 51 | 50 | 47 | 71 | 77 | 47 | 58 | 47 | 50 | 54 |
| Orillena | Total | 50 | 58 | 54 | 53 | 76 | 59 | 26 | 36 | 38 | 47 | 50 |
| | En baja | 60 | 68 | 62 | 60 | 92 | 68 | 29 | 41 | 52 | 51 | 58 |
| Sector Viii Monegros | Total | 50 | 49 | 52 | 51 | 76 | 60 | 50 | 56 | 45 | 83 | 57 |
| | En baja | 59 | 57 | 60 | 58 | 92 | 69 | 57 | 64 | 62 | 91 | 67 |
| Lalueza | Total | 60 | 64 | 77 | 72 | 98 | 75 | 85 | * | * | * | 76 |
| | En baja | 72 | 75 | 88 | 82 | 100 | 86 | 96 | * | * | * | 86 |
| Albero Bajo | Total | 50 | 57 | 63 | 42 | 72 | 51 | 53 | 43 | 49 | 66 | 55 |
| | En baja | 59 | 66 | 73 | 48 | 86 | 59 | 60 | 49 | 67 | 72 | 64 |
| Almuniente | Total | 56 | 65 | 72 | 62 | 100 | 79 | 64 | 80 | 59 | 73 | 71 |
| | En baja | 67 | 76 | 83 | 71 | 100 | 91 | 73 | 91 | 80 | 80 | 81 |
| Buñales | Total | 68 | 51 | 63 | 40 | 75 | 51 | 53 | 43 | 49 | 66 | 56 |
| | En baja | 81 | 60 | 73 | 45 | 91 | 59 | 60 | 49 | 67 | 72 | 66 |
| Callen | Total | 57 | 63 | 63 | 59 | 75 | 59 | 55 | 54 | 60 | 60 | 60 |
| | En baja | 68 | 73 | 72 | 68 | 90 | 67 | 62 | 61 | 55 | 65 | 68 |
| Grañen-Flumen | Total | 69 | 75 | 88 | 76 | 98 | 83 | 75 | 74 | 54 | 68 | 76 |
| | En baja | 82 | 88 | 100 | 87 | 100 | 95 | 85 | 84 | 75 | 74 | 87 |
| Sangarren | Total | 89 | 77 | 86 | 76 | * | 80 | * | * | 66 | 78 | 79 |
| | En baja | 100 | 90 | 99 | 87 | * | 92 | * | * | 91 | 85 | 92 |
| Sector Vii Flumen | Total | 72 | 67 | 73 | 67 | 81 | 65 | 59 | 63 | 48 | 61 | 66 |
| | En baja | 86 | 78 | 84 | 77 | 98 | 75 | 67 | 71 | 66 | 66 | 77 |

| Comunidades de regantes | Tipo de eficiencia | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | Promedio |
|-------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Sector X Flumen | Total | 65 | 64 | 68 | 62 | 77 | 67 | 52 | 61 | 43 | 53 | 61 |
| | En baja | 77 | 74 | 77 | 71 | 93 | 77 | 59 | 70 | 60 | 58 | 72 |
| Sector Xi Flumen | Total | 46 | 52 | 47 | 47 | 79 | 63 | 49 | 71 | 56 | 67 | 58 |
| | En baja | 55 | 61 | 54 | 54 | 96 | 73 | 55 | 80 | 77 | 73 | 68 |
| Sodeto-Alberuela | Total | 73 | 76 | 59 | 55 | 67 | 67 | 54 | 56 | 44 | 54 | 60 |
| | En baja | 87 | 88 | 67 | 63 | 80 | 77 | 61 | 64 | 60 | 59 | 71 |
| Torres De Barbues | Total | 65 | 71 | 72 | 66 | * | 99 | 70 | 93 | 59 | 52 | 72 |
| | En baja | 77 | 83 | 82 | 75 | * | 100 | 80 | 100 | 81 | 57 | 82 |
| Tramaced | Total | 82 | 80 | 81 | 72 | 88 | * | 82 | * | * | * | 81 |
| | En baja | 98 | 94 | 93 | 81 | 100 | * | 93 | * | * | * | 93 |
| Vicien | Total | 32 | 35 | 50 | 43 | 76 | 52 | 64 | 56 | 34 | 43 | 49 |
| | En baja | 38 | 42 | 58 | 49 | 92 | 60 | 72 | 63 | 46 | 48 | 57 |
| Barbues | Total | 48 | 49 | 48 | 46 | 75 | 54 | 47 | 46 | 29 | 45 | 49 |
| | En baja | 58 | 58 | 55 | 53 | 91 | 62 | 53 | 53 | 40 | 49 | 57 |
| Candasnos | Total | 60 | 60 | 70 | 70 | 96 | 67 | 66 | 58 | 50 | 61 | 66 |
| | En baja | 71 | 71 | 80 | 79 | 100 | 77 | 75 | 66 | 68 | 67 | 75 |
| La Sabina | Total | 74 | 72 | 72 | 69 | 88 | 48 | 55 | 66 | 53 | 61 | 66 |
| | En baja | 89 | 85 | 83 | 79 | 100 | 56 | 63 | 74 | 72 | 66 | 77 |
| Montesnegros | Total | 61 | 67 | 64 | 66 | 100 | 73 | 65 | 63 | 46 | 58 | 66 |
| | En baja | 73 | 79 | 74 | 75 | 100 | 84 | 73 | 72 | 63 | 63 | 75 |
| San Miguel | Total | 45 | 62 | 59 | 64 | 95 | 64 | 48 | 54 | 44 | 59 | 59 |
| | En baja | 54 | 72 | 68 | 72 | 100 | 73 | 55 | 61 | 60 | 64 | 68 |
| Alconadre | Total | 54 | 55 | 55 | 57 | 66 | 73 | 63 | 61 | 49 | 61 | 59 |
| | En baja | 65 | 64 | 63 | 65 | 79 | 84 | 72 | 69 | 67 | 67 | 70 |
| Lasesa | Total | 55 | 57 | 59 | 57 | 74 | 75 | 60 | 52 | * | 52 | 60 |
| | En baja | 65 | 67 | 67 | 64 | 89 | 86 | 68 | 59 | * | 57 | 69 |
| La Campaña | Total | 46 | 56 | 44 | 47 | 63 | 80 | 59 | 70 | 49 | 59 | 57 |
| | En baja | 55 | 65 | 51 | 54 | 77 | 92 | 67 | 80 | 68 | 65 | 67 |
| Las Almácidas | Total | 65 | 64 | 73 | 69 | 91 | 64 | 58 | 80 | 53 | 62 | 68 |
| | En baja | 78 | 76 | 84 | 78 | 100 | 74 | 65 | 91 | 73 | 67 | 79 |
| Miguel Servet | Total | 57 | 65 | 73 | 83 | 100 | 65 | 62 | 70 | 54 | 58 | 69 |
| | En baja | 68 | 76 | 84 | 95 | 100 | 74 | 70 | 79 | 75 | 64 | 78 |
| San Pedro | Total | 63 | 55 | 61 | 48 | 65 | 56 | 66 | 56 | 38 | 46 | 55 |
| | En baja | 75 | 64 | 70 | 54 | 79 | 65 | 74 | 63 | 53 | 51 | 65 |
| Santa Cruz | Total | 50 | 49 | 53 | 52 | 84 | 55 | 48 | 55 | 38 | 47 | 53 |
| | En baja | 59 | 57 | 60 | 60 | 100 | 63 | 55 | 63 | 53 | 51 | 62 |
| Val De Alferche | Total | 68 | 72 | 83 | 75 | 77 | 89 | 73 | 89 | 62 | 73 | 76 |
| | En baja | 81 | 84 | 95 | 85 | 93 | 100 | 82 | 100 | 85 | 80 | 89 |
| A-19-20 | Total | 59 | 56 | 59 | 58 | 77 | 82 | 62 | 74 | 56 | 68 | 65 |
| | En baja | 71 | 66 | 68 | 66 | 93 | 94 | 71 | 84 | 77 | 74 | 76 |
| La Corona | Total | 98 | 87 | 100 | 98 | 87 | 74 | 68 | 74 | 60 | 86 | 83 |
| | En baja | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 85 | 77 | 84 | 83 | 94 | 93 |

* No se incluyen estos años por falta de fiabilidad de los datos.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CGRAA.