

La creación de un centro de intercambio de derechos de agua en la Cuenca del Segre y la contribución de los flujos de retorno

M. Blanco¹ y M. Viladrich-Grau^{2,*}

¹ Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Avda. Complutense s/n, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid

² Departament d'Administració d'Empreses i de Gestió Econòmica dels Recursos Naturals, E.T.S. Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida Av. Rovira Roure 191, 25198 Lleida

Resumen

Los centros de intercambio de derechos de agua han sido ampliamente considerados por la literatura como instrumentos económicos de primer orden para flexibilizar la gestión del agua de riego y promover un uso sostenible de este recurso. Este artículo analiza las consecuencias de la creación de un centro de intercambio de derechos en la zona regable del Canal de Urgel. Para modelar la creación de dicho centro de intercambio el artículo emplea el modelo de programación matemática no lineal MASIA. Este trabajo, a diferencia de otros modelos de programación matemática utilizados en otras zonas regables españolas, considera la reutilización de los flujos de retorno a través del sistema de alimentadores existente en el área del Canal de Urgel. Caracteriza el comportamiento de los regantes permitiendo la adopción de nuevas tecnologías de riego así como las restricciones de carácter institucional, medioambiental y técnico existentes en la zona. Los resultados muestran que la creación de un centro de intercambio incrementa el margen neto de la Comunidad y que la reutilización del agua de riego a través del sistema de alimentadores también reporta ganancias.

Palabras clave: Reutilización y gestión agua de riego, modelo agroeconómico.

Abstract

The introduction of a water rights trading scheme in the Segre Basin and the contribution of reused irrigation water

Water trading schemes have been widely regarded by the literature as first order economic instruments to ease irrigation water management and promote sustainable use of this resource. This article analyzes the consequences of introducing a water trading scheme in the irrigated area of the Canal de Urgel. To model the creation of this pricing institution it uses the nonlinear mathematical programming model MASIA. This model, unlike other mathematical programming models used in other Spanish irrigated areas, considers the reuse of the irrigation water of the Canal de Urgel. It characterizes the behavior of farmers allowing technical progress and introducing the institutional, environmental and technical restrictions existing in the area. The results show that the establishment of a market mechanism increases the net margin of the Community and that the reuse of irrigation water also reports positive earnings.

Key words: Reuse and management of irrigation water, agro-economic model.

* Autor para correspondencia: montse.viladrich@aegern.udl.cat

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.024>

Introducción

A medida que la presión sobre los recursos hídricos se intensifica, se hace más patente la necesidad de desarrollar políticas de gestión sostenible del agua de riego. La acuciante necesidad de utilizar de forma más eficiente los recursos hídricos disponibles, junto a una mayor concienciación ambiental, han perfilado el desarrollo de políticas de gestión del agua orientadas a promover un uso más sostenible de este recurso. Entre las distintas normativas, quizá la más significativa sea la Directiva Marco del Agua (DMA), que aboga por el uso de instrumentos económicos con el fin de garantizar el uso sostenible de dicho recurso. Por otro lado, en el contexto español, la Ley de Aguas 46/1999 rompió el principio de “la vinculación del agua a la tierra” y abrió la puerta a nuevas formas de reasignación de recursos hídricos, como los contratos de cesión de derechos de uso de agua (art. 67) y los centros de intercambio (art. 71).

En un sentido amplio, un mercado de agua es un marco institucional en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando las reglas establecidas, a cederlos voluntariamente a otros agentes a cambio de una compensación (Sumpsi *et al.*, 1998)¹. Los mercados de agua han sido ampliamente estudiados en la literatura como instrumentos económicos de primer orden capaces de incentivar una asignación eficiente y facilitar una gestión sostenible de este recurso (Berbel *et al.*, 1999; Berbel *et al.*, 2007; Brill *et al.*, 1997; Calatrava y Gómez-Ramos, 2009; Garrido, 1998; Garrido y Calatrava 2009; Garrido y Llamas, 2009; Michelsen *et al.*, 1999; Riesgo y Gómez-Limón, 2005).

Los centros de intercambio son una modalidad de mercado de agua donde compradores y vendedores no intercambian directamente los derechos sino que se crea la figura de un intermediario que centraliza las ofertas y las demandas y establece el precio de la transacción. De acuerdo a la Ley de Aguas, una vez creado un centro de intercambio de derechos, el Organismo de Cuenca correspondiente queda autorizado para realizar ofertas públicas de adquisición de derechos de uso del agua para posteriormente cederlos a otros usuarios mediante procedimientos transparentes. Diversos estudios recientes ponen de manifiesto que los centros de intercambio aportan más flexibilidad a la gestión del agua de riego y promueven un uso más eficiente de la misma (Calatrava y Gómez-Ramos, 2009; Garrido y Gómez-Ramos, 2009).

En la zona regable del Canal de Urgel, la creciente demanda de agua para usos no agrícolas, la creación de nuevos distritos de riego y el proceso de cambio climático exigen una gestión sostenible del agua de riego. La creación de un centro de intercambio en la cuenca del río Segre podría ser un instrumento eficaz para facilitar dicha sostenibilidad y afrontar estos retos. Previamente a la creación de un centro de intercambio, sin embargo, es necesario aproximar el valor económico del agua en sus usos actuales. El objetivo de este trabajo es caracterizar económicamente el uso del agua en la zona regable del Canal de Urgel con el fin de evaluar la repercusión que tendría la introducción de un centro de intercambio de derechos en dicha cuenca.

Hasta la fecha no se había realizado un estudio de esta índole en esta zona regable. La

1. Para una visión más amplia y detallada de los mercados de agua se puede consultar el libro titulado “La economía del agua de riego en España” editado por Gómez-Limón *et al.* (2009). En particular los capítulos “El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español” de Calatrava y Gómez-Ramos y “Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos opción” de Garrido y Gómez-Ramos.

actual red de riego del Canal de Urgel está constituida por el Canal Principal, el Canal Auxiliar, y cuatro acequias principales que, junto a las acequias secundarias y a los alimentadores, conforman un sistema de riego de 3.000 Km. Las acequias que se nutren de agua proveniente del drenaje de parcelas ya regadas, denominadas popularmente alimentadores, abastecen el 11,8% de la extensión regable de esta zona y permiten incrementar significativamente la eficiencia de su red de riego (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, 2005). A pesar de que Howe et al. (1986) ya señalaban la importancia de considerar estos flujos de retorno, la mayoría de estudios sobre centros de intercambio han obviado este aspecto. Si bien en España se han realizado excelentes estudios sobre centros de intercambio (Calatrava y Martínez-Granados, 2012; Gómez-Limón y Martínez, 2006; Gómez-Limón y Riesgo, 2004; Pujol et al., 2006), ninguno de ellos ha valorado las aportaciones de los flujos de retorno. La estimación de las ganancias aportadas por los flujos de retorno es, por tanto, una de las aportaciones innovadoras de este trabajo.

Por otra parte, dado que la Comunidad General de Regantes del Canal de Urgel (CGRCU) es la concesionaria del agua de riego en la zona y no existe un sistema individualizado de medición volumétrica, se considera que cualquier decisión de cesión de agua de riego deberá tomarla la CGRCU. La Comunidad determinará, en función de la compensación económica, el volumen de agua a ceder al centro de intercambio. Este trabajo se centra en analizar esta oferta de la Comunidad y su relación con la compensación económica recibida. Esta cesión de derechos resultará en una reducción del volumen de agua de riego disponible en la zona regable. Aunque existe un amplio abanico de normas de reparto de recursos hídricos (Goetz et al., 2005; Goetz et al., 2009; Alarcón et al., 2013), la norma de

reparto proporcional es la más común en España. Esta norma requiere que cualquier reducción en los recursos hídricos disponibles repercuta en la misma proporción en cada una de las unidades de riego. Este trabajo se centra en estimar las ganancias que reportaría la creación de un centro de intercambio donde la reasignación de los recursos hídricos se efectuase de forma proporcional entre las unidades de riego. Aunque este sistema de reparto presenta inconvenientes –la reducción proporcional es independiente de la rentabilidad obtenida por las diversas unidades de riego– también presenta ventajas. Un sistema de gestión de este tipo puede ser implementado sin requerir una medición volumétrica individualizada del agua de riego, es decir, puede ser implementado con la tecnología existente. Una norma de reparto que permitiese a cada unidad de riego decidir de forma independiente el volumen de agua a ceder al centro de intercambio requeriría de un sistema individualizado de medición volumétrica del agua de riego. Sin una medición volumétrica individualizada del agua cedida sería imposible comprobar que dicho volumen de agua coincide con la reducción del volumen utilizado para riego. El elevado costo de este tipo de inversiones hace que la creación de un centro de intercambio con una distribución proporcional del agua disponible para riego sea el más factible.

El artículo se estructura de la siguiente manera. En el siguiente apartado se describe y justifica la metodología elegida y se detalla el modelo de decisión utilizado en el marco de este estudio. La descripción de la zona regable del Canal de Urgel se presenta en el apartado 3. A continuación, en el apartado 4 se presentan los resultados del trabajo, primero las ganancias asociadas a la creación de un centro de intercambio y en segundo lugar las asociadas al sistema de alimentadores. Las conclusiones de este trabajo se recogen en el apartado 5.

Materiales y métodos

Modelo

Los modelos de programación matemática han ocupado un lugar dominante en el análisis de las políticas de gestión de la demanda de agua en agricultura debido a su versatilidad para incorporar complejas restricciones agronómicas, tecnológicas e institucionales (Moore et al., 1994; Howitt, 1995; Sumpsi et al., 1998; Varela et al., 1998; Blanco e Iglesias, 2005; Iglesias y Blanco 2008). En este trabajo se utiliza el modelo de programación matemática positiva MASIA (Model for Agricultural Systems Integrated Assessment) que permite representar el funcionamiento económico del sistema agrario de la zona y anticipar la respuesta de los agricultores ante cambios del entorno económico o institucional (Blanco-Fonseca et al., 2010). En particular, este modelo permite caracterizar económicamente el uso del agua en agricultura, introducir el papel jugado por los alimentadores, así como evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales derivados del establecimiento de un centro de intercambio para el agua de riego. En este estudio, el modelo MASIA permite evaluar la repercusión que tendría en la zona regable del Canal de Urgel el establecimiento de un centro de intercambio en la cuenca del río Segre considerando las ganancias aportadas por el sistema de alimentadores.

El modelo MASIA representa tanto el comportamiento agregado de la zona regable del Canal de Urgel como el comportamiento económico de cada unidad de riego, teniendo en cuenta el conjunto de restricciones agronómicas, económicas e institucionales a que está sometida la actividad agraria (Blanco-Fonseca et al., 2010). El modelo se desarrolla en tres etapas. En la primera de ellas, se formula un modelo lineal teniendo en cuenta toda la información disponible sobre la zona de estudio. El margen neto de cada unidad de riego viene dado por:

$$MN_i = \sum_j \sum_t (p_j y_{jt} - cm_{jt}) X_{ijt}$$

donde, i representa una unidad de riego; j el tipo de cultivo; t la tecnología de riego; MN_i margen neto de la unidad de riego i ; X_{ijt} el vector de actividades (superficie dedicada al cultivo j en la unidad de riego i con la técnica de riego t); p_j el vector de precios de los productos j ; y_{jt} el vector de rendimientos de los cultivos j utilizando la técnica de riego t ; cm_{jt} el vector de costes medios (por hectárea) de producción del cultivo j con la técnica de riego t .

Se supone que el objetivo de la comunidad de regantes es la maximización del Margen Neto total (MN), que viene definido como la suma del margen neto de cada una de las unidades de riego. El modelo asigna los recursos a las distintas actividades productivas con el objetivo de maximizar el MN global de la comunidad. Por tanto, simplificando e incorporando las restricciones, el modelo puede expresarse como:

$$\text{Max } MN = \sum_i MN_i \tag{1}$$

$$\text{s.a. } \sum_j \sum_t X_{ijt} \leq s_i \tag{2}$$

$$\sum_j \sum_t a_{ijt} * X_{jt} \leq D_i * (1 + u) * h_i \tag{3}$$

$$D_i \leq d * w_i \tag{4}$$

$$C = d - \sum_i D_i \tag{5}$$

$$X_{ijt} \geq 0; \quad D_i \geq 0; \quad C \geq 0; \tag{6}$$

donde, s_i representa la superficie de cultivo correspondiente a la unidad de riego i ; a_{ijt} las necesidades hídricas de la actividad j en la unidad de riego i con la técnica de riego t ; u el incremento porcentual en términos de agua susceptible de ser utilizada para riego debido a la existencia de alimentadores, h_i coeficiente de reducción debido a las pérdidas por distribución del agua en una parcela localizada en la unidad de riego i , d el volumen de agua disponible en la comunidad de regantes

tes; D_i el volumen de agua derivada a la unidad de riego i , w_i el porcentaje de agua asignado a la unidad de riego i ; y C el volumen de agua cedida por la comunidad de regantes.

La restricción de superficie (ecuación 2) indica que, para cada unidad de riego i , la suma de superficies destinadas a diferentes cultivos j con diversas técnicas de riego t debe ser igual o inferior a la superficie cultivable en dicha unidad de riego i . El modelo MASIA incorpora dos restricciones de este tipo, una para la superficie total y otra para la superficie regable, que en la representación esquemática del modelo no se han detallado. La ecuación de uso de agua de riego (ecuación 3) muestra que el volumen de agua utilizado por los cultivos en la unidad de riego i debe ser inferior o igual al volumen de agua disponible a pie de parcela en dicha unidad de riego i . Esta ecuación tiene en cuenta tanto las pérdidas asociadas al transporte y distribución del agua de riego en parcela, representadas por el coeficiente h , como los incrementos posibilitados por el uso de alimentadores u . La restricción de disponibilidad de agua (ecuación 4) indica que el volumen de agua de riego derivado a la unidad i no puede superar un determinado porcentaje (w_i) del volumen disponible para el conjunto de la comunidad de regantes, porcentaje que depende de las reglas de reparto. En el caso de la norma de reparto proporcional, esta restricción asegura que cualquiera que sea el volumen de agua destinada a riego por la Comunidad, el porcentaje de agua recibida en cada unidad de riego (i) será el mismo que dicha unidad recibía en el escenario base. Por último, la ecuación 6 indica que el volumen cedido por la comunidad de regantes será la diferencia entre el volumen disponible y el volumen total suministrado a las unidades de riego.

No todas las restricciones pueden incorporarse fácilmente en el modelo. Mientras que la formulación matemática de algunas restricciones (disponibilidad de tierra, por ejemplo)

no presenta especial dificultad, la especificación de otras restricciones (heterogeneidad de la calidad de la tierra, rotaciones de cultivo, incertidumbre climática o de precios, etc.) resulta muy compleja, o incluso inabordable, dadas las limitaciones en la disponibilidad de información. La mayor parte de los estudios económicos de sistemas agrarios adolecen de los mismos problemas de falta de información. Para solventar este problema de falta de información, el enfoque de programación matemática positiva permite utilizar la información disponible –las decisiones observadas en un periodo de referencia– para extraer información adicional sobre los factores que condicionan la producción y utilizar esta información adicional para calibrar el modelo. Son numerosos los modelos de análisis de políticas agrarias y ambientales que han incorporado este enfoque (Bauer y Kasnakoglu, 1990; Barkaoui y Bultault, 1998; Gohin y Chantreuil, 1999; Paris y Howitt, 1998; Heckelei y Britz, 2000; Iglesias y Blanco, 2008, Blanco *et al.*, 2008). Asumiendo que los agricultores toman las mejores decisiones posibles en función de sus objetivos y dada la información de que disponen, se estima y ajusta económicamente la función objetivo de forma que la solución del modelo se aproxime a las decisiones observadas en el año de referencia. En este caso se estiman los coeficientes de una función de costes totales cuadrática y se utilizan dichas estimaciones para parametrizar la función de costes medios, $CMe_{ijt} = \alpha_{ijt} + \beta_{ijt} x_{ijt} + \gamma_j \sum_i x_{ijt}$, que forma parte de la función objetivo. Los valores de los parámetros estimados reflejan las condiciones que, debido a limitaciones en la disponibilidad de información, no ha resultado posible introducir de forma explícita.

La programación matemática positiva permite calibrar el modelo respecto a las decisiones observadas en escenario base y responder de forma continua ante cambios en los parámetros exógenos del modelo. Estos

modelos permiten simular la respuesta del agricultor ante cambios exógenos (condiciones del mercado, política del agua, etc.) y anticipar, por tanto, los impactos sobre las decisiones de las unidades de riego de cambios potenciales en el entorno socioeconómico o institucional. Una desventaja de la programación matemática positiva es, sin embargo, su limitada capacidad para modelizar actividades no presentes en la situación base pero que podrían ser adoptadas si el entorno socioeconómico cambiase. En el presente modelo se representa el comportamiento del agricultor ante cambios en el coste de oportunidad del agua de riego y para ello se permite la posibilidad de adopción de nuevas tecnologías de riego así como cambios en los cultivos. Para incorporar estas posibilidades se sigue el modelo desarrollado por Blanco *et al.* (2003) que se enmarca en la tradición de Röhm y Dabbert (2003), y que permite modelizar diferentes técnicas de producción y riego de forma realista, considerando efectos sustitución entre las distintas técnicas y entre distintos cultivos.

Una vez estimados los coeficientes de las funciones de costes, y considerando la compensación por el agua cedida, la expresión del margen neto de la unidad de riego sería:

$$MN_i = \sum_j \sum_t (p_j y_{jt} - CMe_{ijt}) X_{ijt} + \delta * C_i \quad [7]$$

Se asume que el organismo regulador que gestiona el centro de intercambio determina de forma exógena la compensación que percibirán los agentes por la cesión de los derechos. El parámetro δ refleja dicha compensación (o coste de oportunidad) por el agua cedida establecida por el organismo regulador y C_i el volumen de agua cedida. Por último, la tercera etapa consiste en definir y simular los escenarios potenciales. El modelo así definido reproduce las decisiones de la explotación observadas en el periodo de referencia y permite anticipar los efectos de medidas alternativas de política de aguas.

Escenarios de simulación considerados

En la actualidad no existe un centro de intercambio de derechos en la Cuenca del río Segre pero el presente modelo permite analizar el impacto que el establecimiento de dicho centro tendría sobre el comportamiento de las unidades de riego. El modelo simula hipotéticos incrementos en la compensación por el agua cedida y permite revelar la respuesta de los regantes ante el establecimiento de un centro de intercambio. Se han considerado tres posibles escenarios. El primero refleja la situación actual de la zona, es el escenario base (EBase), en el no existe ningún centro de intercambio y por tanto las unidades de riego no pueden ceder agua. Además, tal como ocurre en la actualidad, se permite a las unidades de riego utilizar el agua procedente de los alimentadores. La definición del escenario base incorpora el cambio de orientación experimentado por la Política Agraria Común (PAC) a partir de la Reforma Intermedia acordada en 2003, que entró en vigor en 2006, así como las últimas modificaciones de aplicación en la campaña 2008-2009, principalmente la anulación de la retirada obligatoria. Este escenario se utiliza como base de comparación para analizar los efectos potenciales del establecimiento de un centro de intercambio de agua.

El segundo escenario representa una situación similar al Ebase pero donde se ha permitido la creación de un centro de intercambio. En este escenario, tal como ocurre en el anterior, las unidades de riego pueden seguir nutriéndose del agua procedente de alimentadores. A este escenario lo denominamos ECA, escenario con alimentadores. Se supone que la Comunidad de Regantes decide la cuantía de la cesión (u oferta) de derechos al centro de intercambio y consecuentemente determina la reducción en el volumen de recursos hídricos disponible para riego que los miembros de la Comunidad deben llevar a cabo. Tal como se ha comentado

anteriormente la reducción en el volumen de agua de riego se reparte proporcionalmente entre las unidades de riego. Finalmente, el tercer escenario se denomina ESA, escenario sin alimentadores, y representa el comportamiento de las unidades de riego en un régimen de gestión idéntico al del escenario ECA pero donde las unidades de riego no tienen a su disposición los flujos de retorno de agua proveniente del sistema de alimentadores.

Se considera que la CGRCU es la legítima propietaria de los derechos sobre el agua de riego y que cada derecho intercambiado corresponde a un m³ de agua de riego cedido a terceros. Por lo tanto, cada derecho que se ceda debe venir acompañado de una reducción de un m³ en el volumen de agua derivada para el riego de la Comunidad. Para cada escenario se analiza la respuesta de la Comunidad ante el establecimiento de una compensación por el agua cedida, simulándose compensaciones del organismo regulador desde 0 a 20 céntimos de euro por metro cúbico, en intervalos de 1 céntimo de euro. En particular, el objetivo es identificar, para cada nivel de compensación, el volumen de derechos de agua que la Comunidad propietaria de los mismos estaría dispuesta a ceder temporalmente. Las estrategias de ajuste al alcance de las unidades de riego son: sustitución de cultivos de regadío muy intensivos en uso de agua por otros con menores requerimientos hídricos, cambio de tecnología de riego (paso de riego por gravedad a riego por goteo o aspersión, por ejemplo), disminución de la superficie regada (sustituyendo cultivos de regadío por cultivos de secano) y abandono de tierras de cultivo. Se trata de un modelo a medio plazo ya que contempla la posibilidad de invertir en nuevas tecnologías

de riego en parcela pero no la modernización y presurización integral del sistema de riego de la Comunidad. Las superficies dedicadas a cultivos leñosos, como los frutales, es fija, ya que los periodos de amortización y puesta en cultivo de dichas plantaciones requieren inversiones plurianuales. Por el contrario, las superficies destinadas a cultivos extensivos como cereales, forrajes u oleaginosas pueden adaptarse con rapidez a las condiciones cambiantes. Asimismo, es preciso subrayar que, debido a limitaciones en la información disponible, el modelo no contempla la posibilidad de introducir nuevas técnicas de producción (producción integrada, por ejemplo). Cabe esperar, por tanto, que el abanico de estrategias de ajuste a disposición del agricultor sea más amplio que el contemplado en este estudio. Obviamente, si fuese posible integrar más estrategias de análisis podría mejorarse la capacidad predictiva del modelo.

Descripción de la Base de Datos

Zona objeto de estudio y superficies

La Comunidad General de Regantes del Canal de Urgel ocupa aproximadamente 75.000 hectáreas de superficie agrícola². Está organizada en 21 colectividades que pertenecen a 5 comarcas de la provincia de Lleida³. En este trabajo cada una de estas colectividades representa una unidad de riego. Como se ha comentado anteriormente, la actual red de riego del Canal de Urgel está constituida por aproximadamente 3.000 Km. de canales y acequias entre las que hay que incluir 97 alimentadores en funcionamiento. La Figura 1 presenta una representación gráfica de esta zona regable.

2. La superficie total de los municipios que integran la CGRCU es de 86.910 hectáreas que incluyen núcleos de población, zonas industriales y todo tipo de infraestructuras.

3. En particular las comarcas son: Les Garrigues, La Noguera, El Segrià, EL Pla d'Urgell, y L'Urgell.



Figura 1. Mapa de la Comunidad General de Regantes del Canal de Urgel.
 Figure 1. Map of the Canal Urgel Irrigation Community.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro y Elaboración propia.

Para determinar las superficies dedicadas a cada cultivo en cada colectividad, se utilizan los datos procedentes de los formularios 1T. No se incluyen en la muestra todos los cultivos presentes en los formularios 1T ya que menos de una quincena de cultivos representa más del 95% de la superficie cultivada. Por consiguiente, solo se incluyen los cultivos más representativos de la zona para los años 2004, 2005 y 2006, tal como se presentan en la Tabla 1. La superficie ocupada por estos cultivos representa más del 95% de la CGRCU

y su distribución por colectividades aparece reflejada en la Figura 2. Mientras que el modelo se define para cada unidad de riego, la unidad administrativa utilizada tanto por el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya (DAAM), como por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), es el municipio. Así, una de las dificultades que presentó la confección de la base de datos fue la reasignación de los datos facilitados en unidades municipales a uni-

dades de riego o colectividades, que se pudo realizar a partir de la información facilitada por el Plan Director del CGRCU.

Tabla 1. Distribución de los cultivos más representativos de la zona del Canal de Urgel
Table 1. Distribution of the most representative crops in the Canal Urgel Area

Cultivos	Hectáreas	Porcentaje
Trigo	8.261,4	11,0
Maíz Grano	17.499,0	23,3
Otros Cereales	6.383,8	8,5
Girasol	150,2	0,2
Alfalfa	19.526,8	26,0
Veza Forraje	1.877,6	2,5
Hortícolas	976,3	1,3
Manzano	6.083,4	8,1
Peral	6.158,5	8,2
Melocotonero	976,3	1,3
Almendra	1.952,7	2,6
Uva Vino	751,1	1,0
Olivar Almazara	751,1	1,0
Otros	3.755,0	5,0
Total	75.103,2	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por DAAM (2004, 2005 y 2006).

Dada la importancia de las superficies destinadas al cultivo de perales y manzanos en esta zona, se consideran distintas variedades de estos cultivos. En el caso del manzano se distinguen dos variedades (Golden y Reineta),

mientras que para el peral se distinguen cuatro (Limonera, Ercolini, Blanquilla y Conference⁴), a partir de información obtenida del DAAM. Para determinar las superficies de secano y regadío de cada unidad de riego, así como la distribución de las superficies regadas entre los diversos sistemas de riego, se utiliza la información facilitada por el Plan Director del CGRCU. Según el Plan Director más del 92% de la superficie se riega por gravedad, el 5% es localizado y el 3% aspersión.

Dotaciones de riego y cálculo de eficiencias

Según el Plan Director, actualmente el 11,8% de la superficie regable del Canal de Urgel se nutre de alimentadores. La extensión media cultivada durante el periodo de referencia es de 75.103,2 hectáreas, de las cuales 65.782,8 son de regadío. Siguiendo las indicaciones del Plan Director, se asume que el 11,8% de la superficie regada se riega a través de alimentadores, es decir, se asume que 7.775,5 hectáreas se riegan con alimentadores y 58.007,5 con agua directamente procedente de los canales. El volumen anual medio derivado para los años de referencia es de 531,8 hm³. Los caudales disponibles durante los años de referencia, 2004, 2005 y 2006 se calculan a partir de las aportaciones mensuales del Canal Principal y del Canal Auxiliar de Urgel, publicados por la Comunidad en su Memoria Anual. La dotación media por hectárea regada es de 8.084,0 m³/ha. Sin embargo, considerando únicamente las hectáreas regadas con agua procedente de los canales, esta dotación media es de 9.167,7 m³/ha⁵. No existe información precisa sobre las dotaciones de agua percibidas por las parcelas regadas por alimentadores, si bien

4. La información se obtuvo del "Inventari Frutícola de Catalunya, Zona Frutícola de Lleida".

5. Para obtener la dotación media por hectárea se dividió 531,8 hm³ entre el número total de hectáreas regadas, 65.782,9. Cuando se calcula la dotación media de las hectáreas regadas con agua procedente directamente de los canales se divide 531,8 hm³ entre 58.007,5 ha.

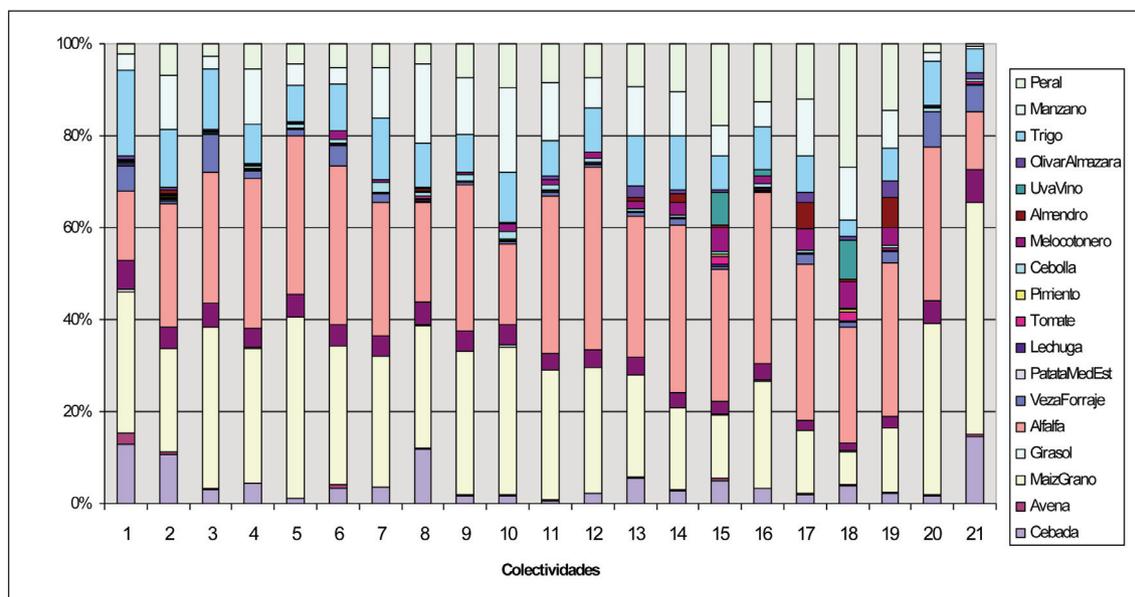


Figura 2. Distribución de los cultivos en las colectividades de la CGRCU.

Figure 2. Crop distribution in communities of CGRCU.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por DAAM (2004, 2005 y 2006).

el Plan Director afirma que las parcelas regadas por alimentador tienden a percibir una cuantía de agua de riego no inferior al resto de parcelas de la CGRCU. Por consiguiente, se asigna la misma dotación media, 9.167,7 m³/ha, a las hectáreas regadas por alimentador. Dado que la superficie regada por alimentador es de 7.775,5 ha durante los años de referencia, el volumen de agua reutilizado a través de alimentadores es de 71,2 hm³. La efectividad de los 531,8 hm³ derivados directamente del Canal se vería incrementada en esta cuantía, lo que da una efectividad del agua utilizada equivalente a 603,0 hm³. Por ello, en este trabajo se consideran dos tipos de dotaciones de agua de riego: (1) para calcular el volumen de agua cedida o el número de derechos intercambiados, se utiliza el volumen derivado directamente de los Canales de Urgel, ya que únicamente el agua derivada es susceptible de ser cedida a terceros; y (2) para calcular la dotación por hectá-

rea para usos agrícolas, al volumen derivado del Canal se añaden los recursos hídricos proporcionados por los alimentadores.

No se dispone de datos sobre las dotaciones de agua recibidas por cada colectividad. Si bien los órganos rectores de la Comunidad afirman que se esfuerzan para que la dotación por hectárea sea igual para todas las colectividades, lo cierto es que no existen instrumentos precisos de medida y que difícilmente puede asegurarse que todas las colectividades disfruten de la misma dotación. Para estimar estas dotaciones y diferenciarlas por unidad de riego, se calculan las dotaciones de agua por hectárea en cada colectividad a partir de la dotación media por hectárea de la CGRCU, partiendo de los datos disponibles sobre necesidades hídricas de los diversos cultivos y del número de hectáreas destinadas a cada cultivo en cada colectividad. Estas dotaciones se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de las unidades de riego de la Comunidad de Regantes del Canal de Urgel
 Table 2. Characteristics of the irrigation units of the Canal Urgel Irrigation Community

Unidades de Riego	hectáreas		Regadío	hm ³ derivados el Canal	m ³ /ha	m ³ /ha con alimentador	Dotación m ³ /ha en parcela
	Cultivadas	Secano					
Colectividad_01	6.502,7	1.789,5	4.713,1	28,3	6.004,4	6.810,7	4.937,7
Colectividad_02	7.073,1	807,7	6.265,3	51,4	8.203,8	9.305,1	6.746,2
Colectividad_03	6.500,0	744,9	5.755,1	42,1	7.325,6	8.305,6	6.021,6
Colectividad_04	4.313,8	214,4	4.099,4	35,1	8.571,9	9.708,7	7.038,8
Colectividad_05	3.620,3	81,0	3.539,2	29,5	8.343,6	9.465,4	6.862,4
Colectividad_06	3.224,0	409,4	2.814,5	22,6	8.036,8	9.131,1	6.620,0
Colectividad_07	816,0	81,1	734,8	6,3	8.681,5	9.933,4	7.201,7
Colectividad_08	2.755,3	461,7	2.293,5	17,2	7.529,9	8.545,8	6.195,7
Colectividad_09	2.538,0	257,1	2.280,9	21,2	9.303,3	10.566,0	7.660,3
Colectividad_10	3.180,4	303,8	2.876,5	27,6	9.588,0	10.873,4	7.883,2
Colectividad_11	2.083,3	56,0	2.027,2	19,4	9.604,1	10.901,4	7.903,5
Colectividad_12	4.308,1	557,1	3.750,9	35,8	9.544,7	10.812,4	7.839,0
Colectividad_13	5.503,2	1.058,8	4.444,3	35,5	7.996,6	9.067,6	6.574,0
Colectividad_14	3.633,0	382,5	3.250,4	27,0	8.315,7	9.414,1	6.825,2
Colectividad_15	2.211,1	189,7	2.021,3	15,3	7.608,6	8.607,9	6.240,7
Colectividad_16	4.515,3	645,2	3.870,0	35,5	9.185,9	10.413,2	7.549,6
Colectividad_17	4.276,5	438,3	3.838,1	30,2	7.876,1	8.910,5	6.460,1
Colectividad_18	5.671,1	444,0	5.227,0	35,3	6.760,9	7.633,3	5.534,1
Colectividad_19	715,8	71,9	643,8	5,6	8.697,5	9.784,7	7.093,9
Colectividad_20	920,6	141,9	778,6	5,8	7.551,5	8.604,7	6.238,4
Colectividad_21	741,6	184,3	557,2	4,3	7.734,5	8.613,9	6.245,0
Canal Urgel	75.103,2	9.315,1	65.782,9	531,8	8.084,0	9.161,9	6.642,4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por CGRCU (2004, 2005, 2006), CHE (2004), y DAAM (2004, 2005, 2006).

La información sobre las necesidades hídricas netas, así como las necesidades a pie de parcela para cada cultivo se obtienen del "Estudio de Dotaciones del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro" realizado según Convenio CHE-CSIC (2004).

Según el Plan Director, la eficiencia de conducción en alta del Canal Principal y del Canal Auxiliar es del 90%. Para calcular la eficiencia de la red secundaria, se parte de las eficiencias asociadas a cada una de las tipologías de acequias y a cada uno de los diversos materiales utilizados para la construcción de las mismas recogidos en el Plan Director y se ponderan dichas eficiencias teniendo en cuenta el número de kilómetros de acequias de cada tipología construidas en cada colectividad. Se calcula que la eficiencia media de la red de distribución es del 72,5% y se asume que las eficiencias correspondientes a riego por aspersión y a riego localizado son similares en todas las colectividades.

Costes de producción de los cultivos

Mientras que la información sobre superficies de cultivo y producciones obtenidas está disponible a nivel desagregado, la información sobre costes de producción es mucho más escasa. Para aproximar los costes de producción por cultivo y técnica de riego específicos para la zona analizada, se completa la información existente con datos de zonas de características similares. Resulta de particular interés la información facilitada en los estudios de la Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Para cultivos extensivos como el maíz, la avena, la cebada, el trigo, la alfalfa, la veza y el girasol, así

como para las plantaciones de frutales como el peral, el manzano y el melocotonero se utilizan como costes de referencia las estimaciones presentadas en el informe titulado "Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Agrícolas de Aragón" para los años 2004 y 2005 (MAPA 2006a). En el caso de cultivos mediterráneos como el almendro, el olivar y la vid, se consideran tanto las estimaciones de costes realizadas para la Comunidad de Aragón como para la Comunidad Valenciana (MAPA 2006b), utilizándose en cada caso medias de ambas estimaciones⁶. Dichas estimaciones diferencian entre diversas categorías de costes. Los costes directos incluyen los gastos anuales en fertilizantes, fitosanitarios, semillas, y seguros por hectárea para cada tipo de cultivo. Los costes de maquinaria incorporan los costes asociados a la utilización y el mantenimiento de la maquinaria, como reparaciones, recambios, y gasolina. La partida de amortizaciones incluye la cuantía anual destinada a la amortización de la maquinaria agrícola, del equipo de riego y de las plantaciones cuando corresponda. Los costes de la mano de obra incluyen solo el coste de la mano de obra asalariada, distinguiendo la mano de obra destinada a riego de la destinada a realizar otras labores.

En lo que respecta al coste del agua, es preciso señalar que el agua de riego en el Canal de Urgell se paga por hectárea. Así para riegos en gravedad los regantes pagan la misma cuantía independientemente del agua utilizada – 70 €/ha año correspondiente a la cuota del canal, más 62,5 €/ha año de cuota ordinaria, más 40 €/ha año de cuota extraordinaria – un total de 172,5 €/ha año. Para calcular el coste del riego por aspersión y localizado, el Plan Director multiplica las ne-

6. Las estimaciones para la Comunidad Valenciana se recogen en el informe titulado "Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Hortofrutícolas de la Comunidad Valenciana" que elaboró dicha subsecretaría para el año 2005 (MAPA 2006b).

cesidades de agua de cada cultivo por 0,04 € (esta cuantía incluye costes de bombeo y las cuotas ordinarias y las extraordinarias) y a este producto se le suma la cuota de canal de 70 € que es fija para todos.

Rendimientos, Precios y Subvenciones de los Cultivos

Los datos sobre los precios de los cultivos corresponden a los precios pagados por los productos en la provincia de Lérida para los años 2004, 2005 y 2006 en € por tonelada. Se utiliza como precio de referencia de cada producto el precio medio de los años disponibles y como rendimiento de referencia el rendimiento medio de cada cultivo para los años disponibles⁷. Los datos sobre las ayudas de la Política Agraria Común proceden de los distintos Decretos de aplicación, utilizando los rendimientos de referencia comarcales del Plan de Regionalización productiva⁸. Puesto que los coeficientes se presentan desagregados por comarca, para obtener el coeficiente correspondiente a cada colectividad se asigna a cada municipio el dato correspondiente a su comarca de origen.

Resultados

Contribución del centro de intercambio.

Para estimar las ventajas que reportaría la creación de un centro de intercambio, se compara el escenario Ebase que describe la situación actual, sin centro de intercambio pero con alimentadores, con el escenario hipotético ECA que representa el escenario con centro de intercambio. Las diferencias

entre los escenarios Ebase y ECA son atribuibles exclusivamente a la valoración del agua de riego resultante de la creación de un centro de intercambio. Si la compensación por los derechos cedidos es nula, los valores de las variables relevantes son iguales en ambos escenarios. Sin embargo, como puede verse en las primeras columnas de la Tabla 3, si se establece una compensación por la cesión de derechos de uso de agua, el volumen de agua cedida aumenta a medida que se incrementa la compensación. Así, para un valor de 0,06 €/m³, la CGRCU destina 480,4 hm³ a riego y cede derechos por 51,4 hm³, resultando una dotación media en parcela en este caso de 5.628,5 m³/ha. Si el valor de los derechos alcanza los 0,15 €/m³ la dotación para riego disminuye, sólo se destinan 299,3 hm³ a regadío, el volumen de derechos cedidos equivale a 232,5 hm³ y la dotación media en parcela cultivada se reduce a 3.506,9 m³/ha. Cabe señalar, sin embargo, que las dotaciones por hectárea regada permanecen bastante estables (alrededor de los 6.600m³/ha) para cualquier valor de los derechos. Los requerimientos mínimos de los cultivos imponen que la disminución en el volumen de agua destinado a fines agrícolas se traduzca principalmente en una disminución del número de hectáreas en regadío pero no de la dotación de agua por hectárea.

Al aumentar la compensación establecida por los derechos se incrementa la extensión de secano (ver Tabla 3). Para un valor de los derechos de 0,06 €/m³ el porcentaje de secano se incrementa hasta el 21,1% y se produce un pequeño abandono de tierras que representa menos del 1% de la superficie cultivada. Para un valor de los derechos de 0,15 €/m³ el porcentaje de secano representa un 41,3% y las tierras de cultivo disminuyen

7. Estos datos fueron facilitados por el DAAM de la Generalitat de Catalunya.

8. Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre y Real Decreto 1612/2008, de 3 de octubre.

Tabla 3. La contribución de un centro de intercambio de derechos: Comparación entre el Escenario Base y el Escenario con Alimentadores
 Table 3. The water trading scheme contribution: Comparison between the Base Scenario and the reused water Scenario

Precio	hm ³ agua riego	hm ³ agua cedida	m ³ /ha cultivada	m ³ /ha en regadío	% ha cultivadas	Porcentaje			
						tierra en seco	Gravedad	Aspersión	Local
EBase	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1		12,4	75,1	10,4	2,1
ECA 0.01	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4	75,1	10,4	2,1
0.02	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4	75,1	10,4	2,1
0.03	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4	75,1	10,4	2,1
0.04	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4	75,1	10,4	2,1
0.05	522,1	9,7	6.117,3	6.700,5	-0,1	14,6	72,6	10,8	1,9
0.06	480,4	51,4	5.628,5	6.718,9	-0,9	21,1	60,4	16,5	2,0
0.07	450,5	81,4	5.278,0	6.686,4	-1,9	24,9	52,0	20,4	2,8
0.08	426,6	105,3	4.998,0	6.635,9	-3,2	27,4	45,6	23,7	3,3
0.09	405,1	126,7	4.746,5	6.604,1	-4,6	29,7	40,8	25,9	3,7
0.10	386,8	145,0	4.532,4	6.602,8	-6,1	31,8	38,0	26,4	3,9
0.11	368,0	163,8	4.311,8	6.586,8	-7,9	33,7	35,8	26,5	4,0
0.12	349,3	182,5	4.092,6	6.566,3	-9,8	35,5	34,0	26,3	4,2
0.13	332,0	199,8	3.889,9	6.553,0	-11,4	37,4	32,6	25,6	4,3
0.14	314,9	216,9	3.689,5	6.538,2	-13,1	39,4	31,3	24,9	4,5
0.15	299,3	232,5	3.506,9	6.529,0	-14,6	41,3	30,2	23,9	4,6
0.16	295,7	236,1	3.464,8	6.523,6	-15,0	41,7	29,9	23,7	4,8
0.17	293,0	238,8	3.433,2	6.519,9	-15,3	42,0	29,7	23,5	4,9
0.18	290,6	241,2	3.405,3	6.517,1	-15,5	42,3	29,5	23,3	4,9
0.19	288,5	243,3	3.380,9	6.513,9	-15,7	42,5	29,3	23,2	5,0
0.20	282,1	249,7	3.305,8	6.501,4	-16,3	43,3	28,7	22,6	5,4

Fuente: Elaboración propia.

en un 14,6% respecto de la superficie cultivada inicialmente. Con la introducción de un centro de intercambio y a medida que se incrementa la compensación por la cesión de derechos, tanto el número de hectáreas cultivadas como el número de hectáreas en regadío disminuyen. Contrariamente, el número de hectáreas cultivadas en secano aumenta. Cabe destacar también el gran cambio que experimentan las tecnologías de riego. El porcentaje de riego en gravedad disminuye de 75,1% a 60,4% para un valor de los derechos de 0,06 €/m³, y hasta un 30,2% para un valor de los derechos de 0,15 €/m³. Paralelamente, los porcentajes de riego en aspersión y localizado aumentan rápidamente con el valor de los derechos.

El objetivo de las unidades de riego es maximizar su MN. La Tabla 4 muestra el resultado de este proceso de maximización para cada valor de los derechos. Cómo es lógico, se observa que a medida que este valor aumenta el MN también lo hace. Si el valor de los derechos es 0,06 €/m³ el incremento en el MN de la CGRCU es de 333.900 € sobre el escenario base. Para un valor de los derechos de 0,15 €/m³ el MN de la CGRCU aumentaría en 13.985.600 €, que representa un incremento de 8,9% sobre el Ebase. Las diferencias se amplían al aumentar más el valor de los derechos.

El MN/ha cultivada también se incrementa al aumentar el valor de los derechos (Tabla 4). En el Ebase el MN/ha cultivada es de 2.091,0 €/ha y para una compensación por los derechos de 0,06 €/m³ este MN se incrementa hasta 2.114,1 €/ha⁹, lo que representa un incremento de solo el 1,1% sobre el Ebase. Las diferencias con el Ebase se amplían al aumentar el valor de los derechos, así para un valor de los derechos de 0,15 €/m³ el MN/ha cultivada se incrementaría en el 27,6% sobre

el existente en el Ebase. El MN/ha en regadío presenta una tasa de crecimiento superior. Esta magnitud se calcula dividiendo, para cada valor de los derechos, el MN obtenido de las hectáreas cultivadas en regadío por el número de dichas hectáreas. Así para un valor de los derechos de 0,06 €/m³ el MN/ha en regadío alcanza los 2.578,3 € por hectárea que representa un incremento superior al 10% respecto al Ebase. Las diferencias con el Ebase se amplían al aumentar el valor de los derechos, de modo que para un valor de 0,15 €/m³ el MN alcanzaría una cuantía de 4.250,6 € por hectárea en regadío, que representa un incremento de un 82,3% sobre el Ebase. Recuérdese que la dotación en m³/ha de regadío permanece estable para cualquier valor de los derechos. Por tanto el MN/ha en regadío se incrementa al aumentar el valor de los derechos manteniendo la misma dotación de agua de riego. Al aumentar el valor de los derechos solo las hectáreas más rentables permanecen en regadío.

El VAB se obtiene como diferencia entre el valor de la producción (ingresos por ventas más subvenciones a los productos) y los consumos intermedios (costes directos y costes de mantenimiento de la maquinaria) sin tener en cuenta las amortizaciones. A diferencia del MN la definición de VAB solo incluye las ganancias asociadas a la actividad agrícola y no incluye las ganancias provenientes de la cesión de derechos. El VAB de la actividad agrícola en el Ebase es de 180.295,6 miles de €; con la introducción del centro de intercambio, este VAB disminuye hasta 177.488,9 miles de € cuando el valor de los derechos es 0,06 €/m³, y hasta 157.608,1 cuando dicho valor alcanza los 0,15 €/m³. Con la cesión de derechos el VAB de la actividad agrícola disminuye, sin embargo, las unidades de riego

9. Calculamos esta magnitud dividiendo, para cada valor de los derechos, el MN obtenido por el número de hectáreas cultivadas.

Tabla 4. La contribución económica de un centro de intercambio de derechos: Comparación entre el Escenario Base y el Escenario con Alimentadores
 Table 4. The economic contribution of the water trading scheme: Comparison between the Base Scenario and the reused water Scenario

Precio Derechos	Margen Neto				Valor Añadido Bruto		Valor agua cedida en miles €	Valor agua cedida en €/ha
	Total miles €	Incremento ECA-Ebase	Δ%	€/ha cultivada	Δ%	€/por ha regadío		
Ebase	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0
ECA 0,01	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0
0,02	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0
0,03	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0
0,04	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0
0,05	157.049,6	6,6	0,0	2.093,8	0,1	2.387,4	2,4	485,8
0,06	157.376,9	333,9	0,2	2.114,1	1,1	2.578,3	10,6	3.086,2
0,07	158.046,0	1.003,0	0,6	2.144,9	2,6	2.731,5	17,1	5.694,6
0,08	158.980,3	1.937,3	1,2	2.186,5	4,6	2.869,4	23,0	8.420,0
0,09	160.143,3	3.100,3	2,0	2.234,8	6,9	3.019,7	29,5	11.404,0
0,10	161.504,1	4.461,1	2,8	2.289,8	9,5	3.180,5	36,4	14.498,0
0,11	163.045,3	6.002,3	3,8	2.356,3	12,7	3.358,1	44,0	18.019,1
0,12	164.777,3	7.734,3	4,9	2.431,6	16,3	3.555,1	52,5	21.901,8
0,13	166.689,2	9.646,2	6,1	2.505,6	19,8	3.766,7	61,5	25.976,8
0,14	168.773,0	11.730,0	7,5	2.585,4	23,6	4.002,2	71,6	30.368,9
0,15	171.028,6	13.985,6	8,9	2.667,7	27,6	4.250,6	82,3	34.875,6
0,16	173.372,1	16.329,1	10,4	2.716,2	29,9	4.358,7	86,9	37.775,8
0,17	175.747,7	18.704,7	11,9	2.762,4	32,1	4.458,4	91,2	40.595,2
0,18	178.147,6	21.104,6	13,4	2.807,7	34,3	4.556,3	95,4	43.411,3
0,19	180.569,9	23.526,9	15,0	2.852,7	36,4	4.651,8	99,5	46.219,0
0,20	183.022,5	25.979,5	16,5	2.911,2	39,2	4.811,7	106,3	49.933,5

Fuente: Elaboración propia.

disponen de otra fuente de ingresos, los derechos. Para estimar la cuantía de estos ingresos se multiplica el número de derechos cedidos por el valor de los mismos (Tabla 4). Tal como muestra dicha tabla estos aumentan al incrementar el valor de los derechos y contribuyen a incrementar las rentas de los agricultores. Si calculamos estos ingresos por ha de superficie inicialmente cultivada¹⁰ vemos que es de 41,5 €/ha cuando el valor de los derechos es 0,06 €/m³ y de 544,0 €/ha cuando es 0,15 €/m³. Por tanto, la contribución de la actividad agrícola a los ingresos de las unidades de riego disminuye a medida que incrementa el valor de los derechos, sin embargo esta disminución en los ingresos se ve compensada por el incremento en las rentas percibidas por la cesión de los derechos de riego. El balance final de la creación de un centro de intercambio es positivo ya que el MN de la Comunidad incrementa. La aportación del centro de intercambio se hace más patente al aumentar el valor de los derechos.

Una amplia variedad de trabajos han estimado las consecuencias que se derivarían de la creación de centros de intercambio de agua en el ámbito agrario en nuestro país¹¹. Muchos de estos trabajos simulan la existencia de sistemas tarifarios o de centros de intercambio donde el precio de compra del recurso por parte de los regantes incentiva su ahorro. Sin embargo, en el presente modelo lo que incentiva el ahorro del recurso es la compensación por la cesión del derecho. Esta no es la única diferencia que puede afectar a los resultados, así algunos modelos plantean la maximización del margen operativo o valor añadido bruto como Olona y Horta (2010) y otros utilizan la metodología multiatributo

como Arriaza et al. (2002) y Martínez y Gómez-Limón (2004). A pesar de estas diferencias, que dificultan las comparaciones, cabe señalar que los resultados presentan algunas coincidencias. En este estudio la disposición a ceder derechos es casi nula para precios de los derechos inferiores a los 0,06 €/m³. Este resultado presenta similitudes con los obtenidos por Cañas et al. (2000) para la comunidad de regantes de San Rafael en Córdoba donde el tramo elástico de la demanda se inicia en 0,054 €/m³. En Pujol et al. (2006) tampoco se producen transacciones por debajo de los 0,05 €/m³ en las cuencas internas de Cataluña y en el trabajo de Martínez y Goetz (2007) se producen intercambios a partir de 0,03 €/m³ para el valle medio del Ebro. Estos resultados sin embargo, no son generalizables a otros distritos de riego donde el valor del agua es más elevado. Así los resultados obtenidos por Olona y Horta (2010) en su trabajo sobre los riego de Navarra muestran que para precios inferiores a 0,20 €/m³ la elasticidad de la demanda es muy baja. Asimismo, según Calatrava y Martínez-Granados (2012) en la zonas regable de la cuenca del Segura el valor del agua de riego es superior a los 0,20 €/m³ y por tanto la demanda de agua no disminuirá por debajo de este precio. Esta disparidad de resultados no es sorprendente ya que el precio del agua está directamente relacionado con la productividad de la tierra que varía mucho en la geografía española.

También cabe señalar que, si analizamos las variaciones en el nivel de bienestar respecto a la situación sin centro de intercambio, los resultados de este estudio presentan patrones comunes con otros trabajos. Así y según Calatrava y Gómez-Ramos (2009) "el incremento

10. Para obtener el valor del agua cedida por hectárea se dividió dicho valor por el número de hectáreas inicialmente 75.103,2 y no por el número de hectáreas cultivadas para cada valor de los derechos. Este cociente permite capturar las rentas que percibirían los agricultores por hectárea teniendo en cuenta incluso las hectáreas abandonadas.

11. Además de los trabajos citados en la introducción podemos añadir entre otros, Gómez-Limón y Arriaza (2000), Arriaza et al. (2002), Calatrava y Garrido (2005).

medio de la renta agraria obtenido en diversos estudios y escenarios varia entre cero (Gómez-Limón y Arriaza, 2000 y Arriaza *et al.*, 2002) y el 15% (Calatrava y Garrido, 2005) cuando se realizan dentro de una misma zona regable¹². Por otro lado, la magnitud de la ganancia en Martínez y Gómez-Limón (2004) para la cuenca del Duero oscila entre el 12% y el 20% del margen bruto agregado. En el presente caso la cuantía del incremento en el MN de la Comunidad es similar, y alcanza un máximo del 16,5% cuando la compensación por la cesión de derechos alcanza los 0,20 €/m³ (Tabla 4). En Martínez y Goetz (2007) las ganancias derivadas de la introducción de un mercado pueden superar los 500 €/ha, en el presente estudio este incremento alcanza los 345,9 €/ha cuando la compensación por la cesión de derechos es de 0,20 €/metro cúbico¹³. Estos resultados muestran que una valorización del agua de riego a través de la creación de un centro de intercambio tendría consecuencias socioeconómicas en unas proporciones que podrían ser relevantes.

La aportación de los alimentadores

Para calcular la contribución del sistema de alimentadores se compara el escenario con alimentadores (ECA), utilizado en la sección precedente, con el nuevo escenario sin alimentadores (ESA). El volumen de agua para riego derivado del Canal es el mismo en ambos escenarios (531,8 hm³) y las diferencias entre estos dos escenarios solo pueden ser atribuidas a la presencia del sistema de alimentadores en uno de ellos. La aportación de estos se hace patente incluso a valor cero de los derechos, ya que en el escenario ECA el número de hectáreas cultivadas en regadío

es de 65.782,9 y de solo 57.479,0 en el caso ESA (ver Tabla 5). La presencia de alimentadores permite cubrir las necesidades de agua en un mayor número de parcelas. Para cualquier valor de los derechos tanto el número total de hectáreas cultivadas como el número de hectáreas en regadío es superior en el escenario con alimentadores, aunque el volumen de agua cedida en este escenario sea superior al volumen de agua cedida en el escenario sin alimentadores. La utilización de los flujos de retorno a través de alimentadores permite, simultáneamente, mantener una mayor extensión de regadío y ceder un mayor número de derechos. En ausencia de alimentadores es más difícil desprenderse de derechos de riego, las necesidades hídricas de los cultivos se deben cubrir únicamente con agua derivada directamente del Canal. La cantidad cedida de derechos es siempre superior en el escenario ECA excepto cuando la compensación percibida por los derechos alcanza los 0,20 €. En este caso la disminución en el número de hectáreas en regadío en el escenario sin alimentadores es muy superior a la disminución en el escenario con alimentadores, permitiendo una mayor cesión de derechos en el primer caso.

En ambos escenarios, tanto el número de hectáreas en regadío como el número de hectáreas cultivadas disminuyen al incrementar la compensación recibida por la cesión de derechos (Tabla 5). Asimismo, en ambos escenarios el volumen de agua cedida al centro de intercambio incrementa y de forma paralela el volumen de agua destinada a riego disminuye, a medida que incrementa el valor de los derechos. En el escenario ECA para un valor de 0,06 €/m³ se utilizarían para riego 480,4 hm³ de agua derivada del canal

12. Ver página 302 de la citada referencia.

13. Se ha obtenido a partir de la Tabla 4 dividiendo el incremento máximo obtenido asociado a la creación de un centro de intercambio (ECA-EBase) por el número de hectáreas inicialmente cultivadas 75.103,2.

Tabla 5. La contribución del sistema de alimentadores: Comparación entre los escenarios ECA y ESA
 Table 5. The contribution of the irrigation reused water: Comparison between the ECA and ESA scenarios

Precio	hm ³ de agua destinada a riego		hm ³ de agua cedida al centro de intercambio		Número Hectáreas Cultivadas		Número Hectáreas Regadío		m ³ /ha cultivada		m ³ /ha en regadío		% Variación Hectáreas Cultivadas		% Variación Hectáreas Regadío	
	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA
0,00	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,01	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,02	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,03	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,04	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,05	522,1	531,8	9,7	0,0	75.005,4	74.179,1	64.017,8	57.479,0	6.117,3	5.493,9	6.700,5	6.702,2	-0,1	0,0	-2,7	0,0
0,06	480,4	517,0	51,4	14,8	74.442,0	73.831,4	58.740,4	55.992,6	5.628,5	5.341,3	6.719,0	6.689,1	-0,9	-0,5	-10,7	-2,6
0,07	450,5	485,4	81,4	46,4	73.685,8	72.774,0	55.350,1	52.967,1	5.278,0	5.014,8	6.686,5	6.638,9	-1,9	-1,9	-15,9	-7,8
0,08	426,6	457,8	105,3	74,0	72.708,9	71.579,5	52.812,8	50.212,4	4.998,0	4.729,6	6.635,9	6.604,8	-3,2	-3,5	-19,7	-12,6
0,09	405,1	434,8	126,7	97,0	71.657,7	70.275,9	50.397,0	47.720,0	4.746,5	4.491,4	6.604,2	6.599,7	-4,6	-5,3	-23,4	-17,0
0,10	386,8	410,1	145,0	121,7	70.532,5	68.711,1	48.134,0	45.137,7	4.532,4	4.236,3	6.602,8	6.581,1	-6,1	-7,4	-26,8	-21,5
0,11	368,0	386,8	163,8	145,0	69.195,9	67.170,7	45.901,8	42.716,2	4.311,8	3.995,8	6.586,9	6.559,3	-7,9	-9,4	-30,2	-25,7
0,12	349,3	364,7	182,5	167,1	67.764,2	65.772,8	43.705,0	40.373,5	4.092,6	3.767,2	6.566,3	6.542,9	-9,8	-11,3	-33,6	-29,8
0,13	332,0	342,1	199,8	189,7	66.525,7	64.285,5	41.623,3	37.944,7	3.889,9	3.534,0	6.553,1	6.530,8	-11,4	-13,3	-36,7	-34,0
0,14	314,9	335,9	216,9	195,9	65.278,6	63.861,8	39.569,3	37.290,8	3.689,5	3.469,7	6.538,2	6.524,3	-13,1	-13,9	-39,8	-35,1
0,15	299,3	332,3	232,5	199,5	64.110,5	63.619,9	37.663,8	36.919,8	3.506,9	3.432,8	6.529,0	6.519,9	-14,6	-14,2	-42,7	-35,8
0,16	295,7	329,3	236,1	202,6	63.829,2	63.424,4	37.242,5	36.599,7	3.464,8	3.401,4	6.523,6	6.516,7	-15,0	-14,5	-43,4	-36,3
0,17	293,0	326,6	238,8	205,2	63.622,1	63.258,9	36.923,5	36.327,2	3.433,2	3.374,2	6.520,0	6.513,1	-15,3	-14,7	-43,9	-36,8
0,18	290,6	314,2	241,2	217,6	63.449,0	62.541,9	36.639,6	35.062,8	3.405,3	3.246,0	6.517,1	6.491,5	-15,5	-15,7	-44,3	-39,0
0,19	288,5	301,1	243,3	230,7	63.298,8	61.938,2	36.394,7	33.739,1	3.380,9	3.110,7	6.514,0	6.465,1	-15,7	-16,5	-44,7	-41,3
0,20	282,1	279,5	249,7	252,3	62.867,6	61.082,1	35.654,5	31.592,3	3.305,8	2.887,8	6.501,5	6.409,7	-16,3	-17,7	-45,8	-45,0

Fuente: Elaboración propia.

y 51,4 hm³ serían cedidos al centro de intercambio. En el escenario ESA al mismo valor se derivarían para riego 517,0 hm³ y solo 14,8 hm³ serían ofertados al centro de intercambio. Cabe señalar que las dotaciones en m³ por hectárea de regadío son similares en ambos escenarios, la reutilización de agua a través de alimentadores no resulta en un incremento significativo en la dotación de agua en parcela de regadío. Las necesidades hídricas de los cultivos determinan el volumen de la dotación y esta dotación se mantiene estable aún en el escenario ESA. No obstante, un mayor número de hectáreas se mantienen en regadío en el escenario ECA para cualquier precio de los derechos. Aunque hay que señalar que a medida que incrementa la compensación percibida por los derechos la reducción en términos porcentuales del número de hectáreas en regadío es superior en el escenario ECA. Este hecho puede ser debido a que el número inicial de hectáreas en regadío es superior en el escenario ECA pero también a que las rentabilidades alcanzadas no justifican mantener estas hectáreas en regadío a medida que el precio de los derechos incrementa.

El MN de la Comunidad es siempre superior en el escenario con alimentadores (ver Tabla 6). A precio cero de los derechos el escenario ECA es asimilable al Ebase que reproduce la situación actual. Por tanto, la diferencia entre los escenarios ECA y ESA a precio cero de los derechos (3.461,6 miles de €) ofrece una estimación de la aportación actual de los alimentadores al MN de la Comunidad (Tabla 6). Además, la comparación de estos escenarios (ECA y ESA) para valores positivos de los derechos permite mostrar como la utilización de los flujos de retorno incrementaría el MN de la Comunidad si existiese un centro de intercambio de derechos negociables. En el escenario con alimentadores a un valor de los derechos de 0,06 €/m³ el MN es de 157.376,9 miles de € y en el escenario sin alimentadores es de 153.610,7. La diferencia es igual a 3.766,2

miles de € que representa un incremento del 2,4% en el MN de la Comunidad. Cuando el valor de los derechos alcanza los 0,15 €/m³ la diferencia en MN es de 5.955,0 miles de € que representa un incremento del 3,5% en el MN de la Comunidad. La aportación del sistema de alimentadores al MN de la Comunidad incrementa con el valor de los derechos.

El MN por hectárea cultivada incrementa en ambos escenarios a partir de 0,05 €/m³ (Tabla 6), sin embargo, puede resultar llamativo que el MN por hectárea en regadío sea generalmente superior en el escenario ESA, sin alimentadores. Al incrementarse el número de hectáreas en regadío el MN por hectárea regada disminuye y por ello este MN es inferior en el escenario con un mayor número de hectáreas regadas que es el escenario ECA. La presencia de alimentadores contribuye a incrementar el MN de la Comunidad, aunque el MN por hectárea de regadío sea inferior. El VAB por m³ de agua es superior en el escenario con alimentadores, en este escenario parte de los recursos hídricos derivados son reutilizados y por tanto, dado un mismo volumen de agua derivada, la rentabilidad de los recursos hídricos será superior (ver Tabla 6).

Tal como está formulado, el presente modelo no permite diferenciar el valor de uso del agua procedente directamente del Canal de la procedente de alimentadores. Gran parte del agua reutilizada a través de alimentadores llega a las parcelas a través de los mismos canales y acequias que utiliza el agua derivada directamente del Canal (ver Cots et al., 2007), por ello el modelo no distingue entre los usos de estos dos tipos de agua. Por otra parte, no existe una estimación cuantitativa precisa del volumen de agua proveniente de alimentadores que no retorna a los canales y es utilizada directamente en parcela en riego por gravedad. La existencia de esta estimación hubiese permitido introducir una restricción en el modelo que obligase a destinar a este sistema de rie-

Tabla 6. La contribución económica del sistema de alimentadores: Comparación entre los escenarios ECA y ESA
 Table 6. The economic contribution of the irrigation reused water: Comparison between the ECA and ESA scenarios

Precio Derechos	Margen Neto										VAB/m ³ de agua	
	Total en miles de €					€ por ha cultivada					€/m ³ de agua derivada	
	ECA	ESA	ECA-ESA	ECA	ESA	ECA-ESA	ECA	ESA	ECA-ESA	ECA	ESA	ECA
0,00	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	
0,01	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	
0,02	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	
0,03	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	
0,04	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	
0,05	157.049,6	153.581,4	3.468,2	2.093,8	2.070,4	23,4	2.387,36	2.562,58	-175,23	0,33	0,32	
0,06	157.376,9	153.610,7	3.766,2	2.114,1	2.080,6	33,5	2.578,34	2.623,95	-45,61	0,36	0,33	
0,07	158.046,0	153.921,3	4.124,8	2.144,9	2.115,1	29,8	2.731,46	2.766,15	-34,69	0,37	0,34	
0,08	158.980,3	154.527,7	4.452,6	2.186,5	2.158,8	27,7	2.869,37	2.918,16	-48,79	0,39	0,35	
0,09	160.143,3	155.386,0	4.757,4	2.234,8	2.211,1	23,8	3.019,71	3.078,33	-58,62	0,40	0,37	
0,10	161.504,1	156.479,8	5.024,4	2.289,8	2.277,4	12,4	3.180,49	3.265,68	-85,18	0,41	0,38	
0,11	163.045,3	157.815,9	5.229,4	2.356,3	2.349,5	6,8	3.358,14	3.468,82	-110,67	0,43	0,40	
0,12	164.777,3	159.376,8	5.400,5	2.431,6	2.423,1	8,5	3.555,09	3.694,71	-139,62	0,44	0,41	
0,13	166.689,2	161.158,8	5.530,4	2.505,6	2.506,9	-1,3	3.766,70	3.961,11	-194,41	0,46	0,43	
0,14	168.773,0	163.094,8	5.678,2	2.585,4	2.553,9	31,6	4.002,16	4.077,76	-75,60	0,47	0,43	
0,15	171.028,6	165.073,6	5.955,0	2.667,7	2.594,7	73,0	4.250,57	4.169,66	80,91	0,48	0,43	
0,16	173.372,1	167.084,0	6.288,2	2.716,2	2.634,4	81,8	4.358,67	4.258,67	100,00	0,49	0,43	
0,17	175.747,7	169.122,7	6.625,0	2.762,4	2.673,5	88,9	4.458,36	4.344,83	113,53	0,49	0,44	
0,18	178.147,6	171.224,3	6.923,2	2.807,7	2.737,8	70,0	4.556,28	4.551,29	4,99	0,49	0,44	
0,19	180.569,9	173.465,8	7.104,1	2.852,7	2.800,6	52,0	4.651,77	4.782,29	-130,52	0,49	0,45	
0,20	183.022,5	175.877,5	7.145,0	2.911,2	2.879,4	31,9	4.811,69	5.153,89	-342,20	0,50	0,47	

Fuente: Elaboración propia.

go una cantidad de agua igual a dicha estimación. Sin embargo, esta información no está disponible y difícilmente hubiese afectado a los resultados del modelo ya que esta no hubiese sido efectiva¹⁴. Sin embargo, la existencia de esta información hubiese permitido contabilizar la aportación de los alimentadores con mayor precisión.

Conclusiones

En este trabajo se han analizado las consecuencias de la creación de un centro de intercambio de derechos en la zona regable del Canal de Urgel. Hasta la fecha no se había realizado un estudio de esta índole en esta zona regable. Análisis como el realizado son un requisito previo antes de plantearse la creación de un centro de intercambio. De acuerdo con los resultados obtenidos, la oferta de derechos es totalmente inelástica cuando el valor de la compensación por agua cedida es inferior a 0,05 €/m³, de modo que para estos valores la disposición a ceder derechos es casi nula. Para valores superiores, a medida que aumenta la compensación, el volumen de derechos cedidos se incrementa y tanto el número de hectáreas totales cultivadas como el de hectáreas en regadío disminuyen. Paralelamente, para valores de los derechos superiores o iguales a 0,05 €/m³ el MN de la Comunidad aumenta. En estos casos la creación de un centro de intercambio permite a la Comunidad alcanzar un MN superior al MN obtenido en el escenario base (157.043 miles de €). La cuantía de esta mejora alcanza el 16% cuando el valor de los derechos es de 0,20 €/m³. Estos resultados pre-

sentan similitudes con los obtenidos en otras zonas de la geografía española donde la creación de un centro de intercambio incrementaría el MN de la zona regable sujeta a análisis (Calatrava y Gómez-Ramos, 2009).

Otra aportación original de este trabajo es la estimación de las ganancias aportadas por los flujos de retorno a través del sistema de alimentadores presente en la zona. Los alimentadores permiten mantener simultáneamente un mayor número de hectáreas cultivadas en regadío así como ceder un mayor volumen de derechos al centro de intercambio. Sin embargo, la presencia de alimentadores no evita que la extensión de regadío disminuya a medida que aumenta la compensación por los derechos cedidos. En ambos escenarios, al aumentar el valor de los derechos el volumen de agua utilizado en la Comunidad disminuye y el número de hectáreas en regadío también. Asimismo, el MN de la Comunidad en el escenario con alimentadores es superior a dicho MN en el escenario sin alimentadores, para cualquier valor de los derechos. Este estudio muestra que la contribución de los alimentadores es positiva, el incremento en MN de la Comunidad que proporciona la presencia de alimentadores en ausencia de mercado es de 3.461,6 miles de €. Además estas ganancias aumentan con el valor de los derechos. Por tanto, una modernización del sistema de riego que obligue a renunciar a la utilización del sistema de alimentadores deberá tener este hecho en consideración y proporcionar ganancias superiores a las proporcionadas por el sistema de alimentadores. Para finalizar, conviene señalar que la existencia de datos más exactos sobre el volumen de agua proveniente de alimentadores hubiese permitido

14. En la actualidad la proporción de riego a manta es superior al 92%. Asimismo en los escenarios simulados la superficie mínima destinada a riego manta no es en ningún escenario inferior al 28,7%. Por tanto, aunque toda el agua aportada por los alimentadores (11,8%) estuviese restringida a ser utilizada en riego a manta, dicho volumen de agua nunca hubiese superado el porcentaje de riego a manta de la zona y dicha restricción nunca hubiese sido efectiva.

contabilizar la aportación de los alimentadores con mayor precisión y diferenciar el valor de uso del agua procedente directamente del Canal de la procedente de alimentadores. La concreción de estas relaciones abre una vía a futuras investigaciones.

Los resultados de este estudio son difícilmente extrapolables a otros sistemas de reutilización de agua en agricultura como la utilización aguas residuales regeneradas. Sin embargo y aunque la viabilidad de la utilización de agua regenerada merece de un estudio pormenorizado, los resultados positivos obtenidos en este estudio abren la puerta a consideraciones de este tipo. En este trabajo solo se ha considerado el incremento en la productividad agraria resultante del doble uso agrícola de un mismo caudal de agua. La utilización de aguas residuales regeneradas también conlleva un doble uso pero el primero de ellos es de carácter urbano. Por otro lado, el agua reutilizada a través de alimentadores no recibe ningún tratamiento adicional y no es necesario construir nuevas infraestructuras que faciliten su uso. Sin embargo, para evaluar la rentabilidad del uso para riego de agua residual se deberían considerar los costes de tratamiento que aseguren que dicha agua no representa riesgos innecesarios para la salud y los de infraestructuras que posibilitar su reutilización. A pesar de estas diferencias los resultados positivos de este trabajo incentivan el estudio de la reutilización de agua en otros contextos siendo esta otra vía de posible investigación futura.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a dos revisores anónimos sus valiosos comentarios. Además Montserrat Viladrich-Grau agradece el apoyo recibido por el proyecto ECO2012-34202 del *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica*.

Bibliografía

- Alarcón J, Garrido A, Juana L (2013). Managing irrigation water shortages: A comparison between five allocations rules built on crop benefits functions and a simple way to estimate them. Documento de trabajo presentado en el Encuentro sobre Instrumentos Económicos para la Gestión del Agua en España, 20 y 21 junio 2013, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, España.
- Arriaza M, Gómez-Limón JA, Upton M (2002). Local water markets for irrigation in Southern Spain: A multicriteria approach. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 46(1): 21-43.
- Barkaoui A, Bultault JP (1998). Modélisation de l'agriculture meusienne et «Paquet Santer». *Economie Rurale* 248: 13-20.
- Bauer S, Kasnakoglu H (1990). Non linear programming models for sector and policy analysis. *Economic Modelling* 7(3): 275-290.
- Berbel J, Jiménez JF, Salas A, Gómez-Limón JA, Rodríguez A (1999). Impacto de la política de precios del agua en las zonas regables y su influencia en la renta y el empleo agrario. Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España, Madrid.
- Berbel J, Calatrava J, Garrido A (2007). Water pricing and irrigation: a review of the European experience. En: *Irrigation water pricing policy: the gap between theory and practice* (Ed. F. Molle, J. Berkoff), pp. 295-327. CABI IWMI.
- Blanco M, Navarro D, Viladrich-Grau M (2010). ¿Pueden los instrumentos económicos contribuir a la sostenibilidad del regadío en las regiones mediterráneas? *Anales del XXIV Congreso Internacional de Economía Aplicada de Asepelt*, 16-19 junio 2010, Alicante, España, pp. 1260-1284.
- Blanco M, Cortignani R, Severini S (2008). Evaluating changes in cropping patterns due to the 2003 CAP reform. An ex-post analysis of different PMP approaches considering new activities. 107th EAAE Seminar Modeling of Agricultural and Rural Development Policies, 29 Enero - 1 Febrero 2008, Sevilla, España.

- Blanco M, Iglesias E (2005). Modelling new EU agricultural policies: global guidelines, local strategies. En: *Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges* (Ed. F Arfini), pp. 831-843. Monte Università Parma Editore, Parma, Italia.
- Blanco M, Iglesias E, Sumpsi JM (2003). Modelling the implementation of the full cost recovery approach in Spanish irrigated lands. *XI World Water Congress: Water Resource Management in the 21st Century*, 5-9 octubre 2003, Madrid, España.
- Brill E, Hochman E, Zilberman D (1997). Allocation and pricing at the water district level. *American Journal of Agricultural Economics* 79(3): 952-963.
- Calatrava J, Garrido A (2005). Spot water markets and risk in water supply. *Agricultural Economics* 33(2):131-143.
- Calatrava J, Gómez-Ramos A (2009). El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español. En: *La economía del Agua de Riego en España* (Eds. JA Gómez-Limón, J Calatrava, A Garrido, FJ Sáez, A Xabadia), pp. 295-320. Fundación Cajamar, Almería.
- Calatrava J, Martínez Granados D (2012). El valor de uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del trasvase Tajo-Segura. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 12(1): 5-32.
- Cañas JA, López MJ, Gómez-Limón JA (2000). Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 188: 67-92.
- CGRCU (2004). *Memòria Anual*. Junta de Govern. Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell.
- CGRCU (2005). *Memòria Anual*. Junta de Govern. Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell.
- CGRCU (2006). *Memòria Anual*. Junta de Govern. Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell.
- CHE (2004). Estudio de dotaciones del Plan hidrológico de la Cuenca del Ebro. Convenio CHE-CSIC. <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=14411> (1 mayo 2014).
- Cots LI, Clop MM, López R, Sangrà J, Esteban M, Barragán JM, Cuadrat O (2007). Indicadores de la gestión del agua en los Canales de Urgell. *Riegos y Drenajes XXI* 156: 26-32.
- Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (2005). Pla director de modernització de la zona regable dels Canals d'Urgell, Direcció General de Desenvolupament Rural. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- DAAM (2004). Superfícies municipals dels conreus agrícoles de Catalunya. Servei d'Estudis i Prospectiva. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural.
- DAAM (2005). Superfícies municipals dels conreus agrícoles de Catalunya. Servei d'Estudis i Prospectiva. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural.
- DAAM (2006). Superfícies municipals dels conreus agrícoles de Catalunya. Servei d'Estudis i Prospectiva. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural.
- Garrido A (1998). Economic analysis of water markets in the Spanish agricultural sector: Can they provide substantial benefits? En: *Markets for Water* (Eds. KW Easter, MW Rosegrant, A Dinar), pp. 223-239. Series: Natural resource management and policy. Springer.
- Garrido A, Calatrava J (2009). Trends in water pricing and markets. En: *Water policy in Spain* (Eds. A Garrido, MR Llamas), pp. 129-142. Francis & Taylor.
- Garrido A, Gómez-Ramos A (2009). Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos de opción. En: *La economía del agua de riego en España* (Eds. JA Gómez-Limón, J Calatrava, A Garrido, FJ Sáez, A Xabadia), pp. 95-114 Fundación Cajamar, Almería.
- Garrido A, Llamas MR (2009). Water management in Spain: An example of changing paradigms. En: *Policy and strategic behaviour in water resource management*, (Eds. A Dinar, J Albiac), pp. 125-144, Earthscan.
- Goetz RU, Martínez Y, Rodrigo J (2005). Eficiencia de las reglas de asignación de agua en el rega-

- dío: asignación a través de mercados, de la regla proporcional y de la regla uniforme. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 9:115-138.
- Goetz RU, Gromaches Y, Martínez Y, A Xabadia (2009). Asignación del agua de regadío: una comparación de reglas. En *La economía del agua de riego en España* (Eds. JA Gómez-Limón, J Calatrava, A Garrido, FJ Sáez, A Xabadia), pp. 247-262. Fundación Cajamar Almería.
- Gohin A, Chantreuil F (1999). La programmation mathématique dans les modèles d'exploitation agricole. Principes et importance du calibrage. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurale* 52: 59-77.
- Gómez-Limón JA, 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 JA, 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-Limón JA, Riesgo L (2004). Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. *Agricultural Economics*, vol 31(1): 47-66.
- Heckelei T, Britz W (2000). Positive mathematical programming with multiple data points: A cross-sectional estimation procedure. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales* 57(4): 28-50.
- Howe CW, Schurmeier DR, Shaw WD (1986). Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets, *Water Resources Research* 22: 439-445.
- Howitt RE (1995). Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics* 77: 329-342.
- Iglesias E, Blanco M (2008). New directions in water resources management: the role of water pricing policies. *Water Resources Research*, 44(6): 7-27.
- Martínez Y, Gómez-Limón JA (2004). Simulación multicriterio de los mercados de agua de regadío: el caso de la cuenca del Duero. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 202: 101-134.
- Martínez Y, Goetz RU (2007). Ganancias de eficiencia versus costes de transacción de los mercados de agua. *Revista de Economía Aplicada*, 43(XV): 49-70.
- MAPA (2006a). Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Agrícolas de Aragón en 2005. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MAPA (2006b). Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Agrícolas de la Comunidad Valenciana en 2005. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Michelsen AM, Taylor RG, Huffaker RG, McGuckin JT (1999). Emerging agricultural water conservation price incentives. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 24 (1): 222-238.
- Moore MR, Gollehon NR, Carey MB (1994). Multi-crop production decisions in Western irrigated agriculture: The role of water price. *American Journal of Agricultural Economics* 76: 859-874.
- Olona J, Horta MA (2010). Evaluación de la política de precios del agua de riego. Evidencias empíricas en Navarra. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 227: 11-47.
- Paris Q, Howitt RE (1998). An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. *American Journal of Agricultural Economics* 80: 124-139.
- Pujol J, Raggi M, Viaggi D (2006). The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: a comparison of two study areas. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 50(3): 361-380.
- Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre (B.O.E. de 24 de diciembre).
- Real Decreto 1612/2008, de 3 de octubre (B.O.E. de 4 de octubre).
- Riesgo L, Gómez-Limón JA (2005). Análisis de escenarios de políticas para la gestión pública de la agricultura de regadío. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 9(1): 81-114.
- Röhm O, Dabbert S (2003). Integrating agri-environmental programs into regional production

models: An extension of positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics* 85(1): 254-265.

Sumpsi JM, Garrido A, Blanco M, Varela C, Iglesias E (1998). *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. MAPA/Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Varela C, Sumpsi JM, Garrido A, Blanco M, Iglesias E (1998). Water pricing policies, public decision making and farmers' response: Implications for water policy. *Agricultural Economics* 19(1-2): 193-202.

(Aceptado para publicación el 24 de abril de 2014)