

¿Pueden los instrumentos económicos contribuir a la sostenibilidad del regadío en las regiones mediterráneas?

María Blanco Fonseca
Departamento Economía y Ciencias Sociales Agrarias
E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid
Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid
Tel. 913363267, Fax. 913365797
maria.blanco@upm.es

David Navarro Valbuena
Agència Catalana de l'Aigua
dvn Navarro@gencat.cat

Montserrat Viladrich Grau
Departament d'Administració d'Empreses, E.T.S. Enginyeria Agrària
Universitat de Lleida
montse.viladrich@aegern.udl.cat

RESUMEN

En este trabajo se evalúa la contribución de los instrumentos económicos al uso sostenible del agua de riego utilizando el modelo de programación matemática, MASIA. Aplicamos el análisis a una zona del noreste español donde la demanda creciente de agua para usos no agrícolas, la creación de nuevos distritos de riego y el proceso de cambio climático, requerirán una redistribución de los derechos de uso de agua. Caracterizamos el comportamiento de los agricultores introduciendo el progreso técnico así como restricciones de carácter institucional, medioambiental y técnico. Evaluamos los efectos económicos y medioambientales de varios instrumentos de política y analizamos las posibilidades de cesión e intercambio de agua entre diversas comunidades. Por último, medimos las pérdidas asociadas a asignaciones no eficientes de los derechos de riego y puntualizamos las características institucionales que facilitarían una gestión eficiente y sostenible del sistema de riego.

Palabras Clave: mercado de derechos de agua, gestión del agua de riego.

Área Temática: 4. Economía del agua y los recursos naturales

Can economic instruments contribute to the sustainability of the irrigation systems in Mediterranean region?

ABSTRACT

We explore the contribution of economic instruments to promote sustainable water management using the mathematical programming model, MASIA. The analysis is conducted in a large irrigation area in Northeast Spain where increasing non-agricultural water demand, new irrigation districts and climate change, would require a re-distribution of water rights. We characterize the behavior of farmers incorporating irrigation innovations as much as institutional, environmental and technological restrictions. We evaluate the economic, environmental and water saving effects of the combination of several regulation policies and assess the exchange possibilities of water rights among irrigation communities. Finally, we measure the losses on efficiency and the environmental cost associated to the inefficient assignment of water rights and single out the institutional characteristics that would facilitate reaching an efficient and sustainable water management system.

Key words: Water rights, water markets, policy instruments.

Thematic Area: 4. Water economics and natural resources

¿Pueden los instrumentos económicos contribuir a la sostenibilidad del regadío en las regiones mediterráneas?

1. Los centros de intercambio de agua

1.1. Bancos y mercados de agua

Los mercados o bancos de agua pueden constituir un instrumento de primer orden para facilitar la flexibilidad necesaria para gestionar el agua. En zonas de gran irregularidad de precipitaciones, una mayor flexibilidad puede contribuir significativamente a mejorar la gestión el agua en periodos de escasez. Los mercados de agua pueden adoptar diversas formas y, según Sumpsi et al. (1998), pueden clasificarse en:

- *Mercados corrientes o de alquiler*: se vende agua, caudal o volumen durante un determinado tiempo.
- *Mercados de derecho*: se transfiere la propiedad de agua, como si se tratase de bienes raíces o acciones sobre sociedades limitadas.
- *Mercados de opciones*: se vende la opción de uso del agua bajo determinadas condiciones climáticas o niveles de disponibilidad para un período concreto de tiempo y a un precio establecido. Si el comprador hace uso de ella, al precio de la opción se le añade una compensación adicional.
- *Transacciones de agua a cambio de inversiones en equipo capital*: el comprador financia una mejora en los equipos del vendedor, y así poder quedarse con el agua ahorrada debido a esta mejora.

Los mercados de aguas generan beneficios pero también riesgos. Por un lado, los mercados de agua no solo contribuyen a la flexibilización, sino que además pueden promover la modernización de los regadíos. Con el establecimiento de mercados de agua en general aumenta el precio del agua y, de este modo, se promueve su ahorro y un uso más eficiente, aparte de que la sociedad se sensibiliza sobre el valor del agua. Además, los mercados pueden ayudar a garantizar la recuperación de los ecosistemas fluviales al facilitar el proceso de retirada de derechos de uso del agua, porque se da a los agricultores la posibilidad de ir cediendo sus derechos a precios que compensen el valor de la pérdida de renta. Por otro lado, al posibilitar la reasignación de derechos de agua entre los usuarios, se reduce la necesidad de

explotar nuevos recursos, frenando así la construcción de grandes infraestructuras de regulación y canalización (Embid Irujo, 2008a), con el consiguiente ahorro económico y ambiental.

Sin embargo, los mercados también pueden tener consecuencias negativas, por ejemplo sobre la calidad del agua. Otro riesgo importante es la tendencia que se puede generar de transferir siempre los derechos hacia las zonas que más rentabilizan el uso del agua de forma que las zonas cedentes tendrían impactos negativos (Sumpi et al. 1998). En Australia ocurrió que al instaurar mercados de agua, se activaron derechos que estaban “dormidos”, es decir, había titulares que no hacían uso de sus derechos y los vendieron, con lo que se generó una reducción de la garantía de suministro (Sumpi et al. 1998).

1.2. El intercambio de derechos de agua en la normativa española

En el año 2000 con La Directiva Marco se creó el concepto de demarcación hidrográfica, entendiendo como tal la zona terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas. Según el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, el concepto de demarcación hidrográfica en España se ajusta sobre líneas generales de la estructura de las cuencas hidrográficas. Por eso se optó por mantener, en la medida de lo posible, la estructura de cuencas hidrográficas según resulta estaba establecidas en el Texto Refundido de la Ley de Aguas.

Ya la Ley de Aguas de 1985 permitía la posibilidad de transmitir derechos de agua, pero los trámites burocráticos hacían que resultase muy costoso, por lo que en la práctica puede decirse que fue la Ley de Aguas 46/1999 la que por primera vez reguló en el derecho español el intercambio de los derechos de uso de agua. Esta ley rompe el principio que había en el régimen tradicional conocido como "la vinculación del agua a la tierra", es decir, la situación según la cuál para comprar un derecho de agua había que adquirir también la tierra vinculada a ese derecho.

La ley de aguas 46/1999 ha supuesto un gran intento de flexibilización del sistema de asignación de agua. La Exposición de Motivos nos dice que para "potenciar la eficiencia en el empleo del agua es necesario la requerida flexibilización del actual régimen concesional a

través de la introducción del nuevo contrato de cesión de derechos al uso del agua, que permitirá optimizar socialmente los usos de un recurso tan escaso". Aunque en esta ley se abriera camino a la flexibilización del régimen de aguas, el desarrollo del reglamento de las transacciones fue posterior. Este reglamento se desarrolla en los artículos 67 al 72 del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

En estos artículos se distinguen tres temas principales:

- El contrato de cesión de derechos.
- Los Centros de Intercambio de derechos.
- Las infraestructuras hidráulicas.

1.3. Experiencias de centros de intercambio de agua en España

Lo que ha ocurrido en los centros que se han constituido en España es que aunque los precios pagados por el agua son muy superiores a cualquier medida de rentabilidad del agua en las zonas cedentes y es muy probable que en el futuro sean incluso superiores (Garrido 2008) la respuesta de los cedentes ha sido menos de la esperada debida principalmente a la falta de experiencia en este tipo de transacciones y a la desconfianza por parte de los titulares de los derechos (Yagüe 2008). Los elevados precios se deben en parte a la reticencia de los agricultores a participar en estos intercambios.

Desde que se aprobó su uso, las transacciones de derechos han sido escasas en número y volumen, pero significativas en cuanto al momento en el que operan, ya que se han llevado a cabo en momentos de crisis hídrica y para resolver situaciones de escasez (Embid 2008a). Como veremos estos instrumentos se han aplicado donde la presión para la transformación a regadío es más fuerte y donde la agricultura goza de mayores beneficios, por su productividad o por las ayudas públicas, es decir, en las zonas más sensibles a las disponibilidades hídricas (Serrano 2008).

Como se ha mencionado anteriormente se constituyeron los Centros de Intercambio de Derechos en las Confederaciones del Guadiana (rescate permanente de derechos), Júcar y Segura (cesiones temporales), por acuerdo del Consejo de Ministros, de 15 de octubre de

2004. Asimismo en el Consejo de ministros del 4 de abril de 2008 se acordó la constitución de otro centro en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Aparte de los centros de intercambio de agua, en España también encontramos contratos de cesión de derechos de agua en algunas confederaciones hidrográficas. Aunque sean poco numerosas cabe destacar que en la Confederación hidrográfica del Guadalquivir, debido a la reducción al 50% del uso de agua en el arroz, se han cedido derechos de la parte baja a la alta. De esta manera se utiliza toda la superficie regable arriba y se renuncia al riego en las tomas más bajas. La mayoría de estos contratos ha sido autocontratos, pero también ha habido algunos entre distintos titulares de derechos. Se han producido también algunos contratos de cesión de derechos en Confederación hidrográfica del Segura con un volumen de $0,7 \text{ hm}^3$ (Yagüe 2008).

2. Metodología

2.1. Justificación de la metodología

Numerosos trabajos han utilizado un enfoque econométrico para estimar la función de oferta y derivar la demanda de agua a partir de datos sobre la conducta observada de los agricultores. Sin embargo, los modelos de programación matemática han ocupado un lugar dominante en el análisis de políticas de agua debido a su mayor versatilidad para incorporar complejas restricciones agronómicas, tecnológicas e institucionales. Si nos centramos en los modelos de programación matemática, éstos tratan de representar el comportamiento técnico-económico de la explotación agraria, dado el conjunto de restricciones técnicas, agronómicas, económicas e institucionales a que está sometida su actividad. 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 tomadas de un potencial cambio en el entorno socioeconómico o institucional.

Dada la heterogeneidad de la productividad del agua y de la eficiencia en el uso del recurso a escala local, la respuesta al establecimiento de políticas de precios puede variar significativamente a nivel local. Por tanto, la mayor parte de los análisis se realizan a nivel desagregado. En este sentido, los modelos de programación matemática permiten reproducir las decisiones del agricultor y analizar los impactos de políticas de precios del agua a nivel desagregado, por lo que existe un buen número de estudios que utilizan estas técnicas,

muchos de ellos aplicados a regiones mediterráneas (Varela et al. 1998, Gómez-Limón y Riesgo 2004, Bazzani 2005).

Recientemente se ha desarrollado un nuevo enfoque que trata de superar las limitaciones de los métodos tradicionales. Se trata de la programación matemática positiva (Howitt, 1995), método cuya principal característica consiste en extraer información adicional de las decisiones observadas en una situación de referencia (periodo base) y utilizar esa información extra para calibrar el modelo. Como resultado, la programación matemática positiva permite calibrar el modelo respecto a las decisiones observadas en el año de referencia y responde de forma continua ante cambios en los parámetros exógenos del modelo.

Como hemos comentado anteriormente, el análisis del valor económico del agua en agricultura requiere disponer de metodologías específicas. En este estudio se utiliza un modelo de programación matemática que permite caracterizar económicamente el uso del agua en agricultura así como evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales derivados del establecimiento de una tasa al agua de riego.

Para el desarrollo del modelo de decisión se han tenido en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

a) Territorialidad

El uso de agua en agricultura depende de numerosos factores, tanto agroclimáticos como estructurales e institucionales, que tienen una fuerte componente local. Asimismo, los efectos de la actividad agraria sobre el medio ambiente dependen estrechamente de características locales. Todo ello nos ha impulsado a diseñar un modelo de decisión capaz de analizar la demanda de agua a escala local.

Dada la heterogeneidad en los costes asociados a los servicios del agua y en los posibles impactos de una política de gestión del agua en las distintas áreas de riego, se considera necesario definir una escala geográfica de análisis tan detallada como lo permitan los datos disponibles. Por tanto, se ha definido como unidad de análisis la comunidad de regantes o unidad de riego. Una vez delimitada la unidad de riego, se define una explotación representativa de la misma, que estará caracterizada por factores agro-climáticos, tecnológicos

y estructurales. Todos los datos utilizados en el modelo de decisión se especifican a nivel de la unidad de riego.

b) Flexibilidad

El modelo de decisión debe ser capaz de reproducir el funcionamiento de los sistemas agrarios. Se requiere, por tanto, que el modelo permita incorporar el conjunto de restricciones a que está sometida la actividad agraria y permita reproducir posibles estrategias de ajuste de los regantes ante cambios en el entorno, tales como el cambio de tecnología de riego, la sustitución entre cultivos de regadío o el paso de regadío a seco.

Por otro lado, el análisis de la demanda de agua de riego no puede realizarse sin tener en cuenta otras políticas sectoriales y, en particular, la política agraria común. El modelo debe ser capaz de simular la conducta de los agricultores ante distintos escenarios institucionales de políticas de precios u otras medidas que afecten al uso futuro del agua (por ejemplo, previsibles cambios que se derivarán de la aplicación de la reforma de la PAC). Por este motivo, se ha elegido un marco de programación matemática, que permite diseñar un modelo muy versátil puesto que permite simular distintos escenarios y modelizar la diversidad de situaciones estructurales e institucionales existentes.

c) Disponibilidad de información

El elevado coste de obtención de información detallada y rigurosa a nivel desagregado impone restricciones importantes al enfoque metodológico a adoptar.

La construcción de modelos de ayuda a la decisión requiere disponer de información a nivel desagregado (a nivel de la unidad de riego considerada en el análisis) sobre gran cantidad de parámetros: superficie de cada cultivo, dotaciones de agua, origen del agua, técnicas de riego, precios de cultivos, rendimientos y producciones, utilización de medios de producción (mano de obra, agua, fertilizantes, fitosanitarios), parámetros socio-económicos, entorno institucional, etc. La Tabla 1 resume la información requerida para el análisis del beneficio económico derivado del uso de agua en agricultura.

Hemos dado prioridad a la utilización de fuentes de información estadísticas, que presentan la ventaja de su homogeneidad espacial y permiten una fácil actualización de la base de datos, a medida que nueva información esté disponible.

Table 1. Información requerida para la caracterización económica del uso de agua en agricultura

| Temática | Concepto |
|---------------------------------------|--|
| Datos generales de la zona de estudio | Superficie total y superficie agrícola útil |
| | Evolución del uso de agua en la zona |
| | Infraestructuras de riego (sistema de distribución, coeficientes de eficiencia, etc.) |
| | Delimitación de unidades de riego |
| | Disponibilidad de agua (indicando origen y calidad) |
| | Reglas de asignación de agua y sistema de organización del riego |
| Datos generales de la unidad de riego | Superficie agrícola de la unidad de riego, porcentaje de secano y regadío |
| | Orientación productiva |
| | Distribución de la superficie de cultivo (número de hectáreas de cada cultivo y técnica de riego) |
| | Técnicas de riego |
| | Disponibilidad de agua |
| | Coste de utilización del agua |
| Fichas técnicas de cultivo | Método de riego (secano, gravedad, aspersión, localizado) |
| | Necesidades de agua de cada cultivo, en función de la técnica de riego |
| | Utilización de medios de producción (fertilizantes, fitosanitarios, mano de obra) por cultivo y técnica de riego |
| | Itinerario técnico |
| | Rendimiento de cultivo |
| Datos socioeconómicos | Costes variables de producción |
| | Costes de mano de obra |
| | Costes de utilización, conservación y mantenimiento (de la maquinaria y del equipo de riego) |
| | Costes de amortización del equipo de riego |
| | Precios de los productos |
| | Ayudas y subvenciones |

Considerando todos los aspectos que acabamos de comentar, se ha optado por desarrollar un modelo económico de decisión basado en un enfoque de programación matemática positiva. Esta metodología permite adaptarse a la escasez de datos y trabajar principalmente con fuentes de información secundarias, con lo que se evita la necesidad de realizar laboriosos y costosos trabajo de campo, y se posibilita la actualización de la base de datos. El modelo desarrollado se aplica a escala local pero puede replicarse fácilmente a un número elevado de unidades de riego, permitiendo así realizar un análisis de conjunto de cada unidad hidrográfica.

2.2. El modelo de análisis de la demanda de agua de riego

MASIA (Model for Agricultural Systems Integrated Assessment) es un sistema de ayuda a la decisión pública que permite representar el funcionamiento de los sistemas agrarios, así como analizar la respuesta de los mismos ante cambios en el entorno socioeconómico e institucional.

En el ámbito del presente estudio, MASIA ha permitido caracterizar la demanda de agua en agricultura a un nivel suficientemente desagregado (unidad de riego o comunidad de regantes) y anticipar los impactos socioeconómicos y ambientales derivados del establecimiento de mecanismos de precios del agua.

El modelo de decisión MASIA está basado en un enfoque de programación matemática positiva, una de cuyas principales ventajas es que se trata de un marco muy flexible:

- Permite incorporar la diversidad de producciones y condiciones propias de la actividad de regadío. Asimismo, permite modelizar el entorno socioeconómico y las medidas de política agraria específicas de cada región.
- Permite la integración del modelo económico con modelos de simulación agronómica o hidrológica. Los primeros resultan particularmente útiles para incorporar determinados aspectos ambientales en el análisis (contaminación por nitratos, por ejemplo), mientras que los segundos permiten modelizar de forma más rigurosa todos los aspectos relacionados con el uso de agua.

A continuación nos centraremos en la descripción del modelo económico propuesto. El modelo representa el comportamiento económico de cada unidad de producción (zona regable o unidad de riego), de forma que permite reproducir las decisiones óptimas en la situación inicial de partida (periodo de referencia) así como anticipar los cambios en las decisiones tomadas ante cambios en el entorno socioeconómico.

Según el enfoque de programación matemática positiva, las decisiones observadas en el periodo de referencia proveen información adicional para calibrar el modelo. El desarrollo del modelo puede desglosarse en tres etapas:

Primera Etapa: Formulación de un modelo lineal auxiliar

En la primera etapa, se formula un modelo lineal teniendo en cuenta toda la información disponible sobre la zona de estudio. La función objetivo es la maximización del margen neto total de la zona de riego, que viene definida como suma del margen neto de cada unidad de riego. El margen neto de cada unidad de riego viene dado por:

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

siendo Z_i : margen neto de la unidad de riego i ,
 x_{ijt} : vector de actividades (superficie del cultivo j con la técnica de riego t),
 p_j : vector de precios de los productos,
 y_{jt} : vector de rendimientos de cultivo,
 cm_{jt} : vector de costes medios de producción (costes por hectárea),

Como restricciones más significativas se introducen las restricciones de recursos (disponibilidad de tierra, disponibilidad de agua de riego) y las condiciones de política agraria.

De forma simplificada, el modelo puede expresarse:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_i Z_i \\ \text{s.a. } \sum_j \sum_t X_{ijt} &\leq s_i && \text{[restricción de superficie]} \\ \sum_j \sum_t a_{ijt} * X_{ijt} &= D_i * (1 + r) * h_i && \text{[agua utilizada]} \\ D_i &\leq d_i^0 && \text{[restricción de agua]} \\ C_i &= d_i^0 - D_i && \text{[agua cedida]} \\ X_{ijt} &\geq 0 \end{aligned}$$

siendo Z : función objetivo,
 s_i : superficie de cultivo (dos restricciones, superficie total y regable),
 a_{ijt} : necesidades de agua por actividad,
 d_i^0 : disponibilidad de agua,
 D_i : agua derivada a la colectividad i ,
 C_i : agua cedida por la colectividad i .

Por simplicidad, se omiten los parámetros y ecuaciones relacionados con la política agraria.

Si fuese factible especificar de forma precisa tanto la función objetivo como el conjunto de restricciones (técnicas, económicas e institucionales) que condicionan las decisiones de producción, el modelo generado representaría fielmente el comportamiento económico del agricultor tipo en cada área de riego. Ahora bien, 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 ninguna 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 y, en muchos casos, inabordable dadas las limitaciones en la disponibilidad de información.

Por esta razón, los modelos convencionales de programación matemática conducen a menudo a soluciones demasiado especializadas. Para resolver este problema de insuficiente especificación de algunas restricciones del modelo, la programación matemática positiva propone utilizar una función objetivo no lineal que integre indirectamente todos aquellos aspectos que, por falta de información detallada, no han podido especificarse de forma directa en el modelo o cuya especificación es deficiente.

Segunda Etapa: Proceso de calibración

La mayor parte de los estudios económicos de sistemas agrarios adolecen de los mismos problemas de falta de información. En general se observa una clara asimetría en la disponibilidad de información, puesto que mientras que existen fuentes oficiales que se publican anualmente sobre superficie de cultivo a nivel local, o sobre precios al productor, resulta difícil obtener información detallada y específica sobre costes de producción, o sobre uso de agua por cultivo y técnica.

Para solventar este problema de limitación en la información disponible, el enfoque de programación matemática positiva sugiere utilizar la información disponible (las decisiones observadas en un periodo de referencia) para extraer información adicional sobre los factores que condicionan la producción.

Asumiendo que las decisiones se toman de forma eficiente, es decir, que los agricultores toman las mejores decisiones posibles en función de sus objetivos y dada la información de que disponen, es posible ajustar una función objetivo no lineal de forma que la solución del modelo se aproxime a las decisiones observadas en el año de referencia.

En esta etapa se estiman los parámetros de una función objetivo no lineal que nos permita integrar de forma indirecta aquellas restricciones del modelo que, debido a limitaciones en la disponibilidad de información, no ha resultado posible introducir de forma explícita.

Entre las muchas variantes de PMP existentes, hemos optado por un enfoque basado en el método Röhms y Dabbert (2003), puesto que permite modelizar diferentes técnicas de producción de forma más realista (considerando que el efecto sustitución entre distintas técnicas es mayor que entre distintos cultivos). Adoptando una función de costes totales cuadrática, el coste medio sería:

$$CMe_{ijt} = \alpha_{ijt} + \beta_{ijt} x_{ijt} + \gamma_j \sum_t x_{ijt}$$

Mediante un procedimiento econométrico se han estimado los coeficientes de las funciones de costes. El modelo calibrado reproduce fielmente las decisiones observadas en el año base.

Tercera Etapa: Simulación de escenarios potenciales

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:

$$Z_i = \sum_j \sum_t (p_j y_{jt} - CMe_{ijt}) X_{ijt} + t * C_i$$

donde t refleja la compensación por el agua cedida y C_i el volumen de agua cedida.

Este modelo reproduce con exactitud las decisiones de la explotación observadas en el periodo de referencia y permite obtener una respuesta continua ante una simulación de una política de tarifas sobre el uso del agua.

Este marco analítico permitiría además integrar aspectos cualitativos derivados de la contaminación agraria difusa, de forma que permita asesorar las políticas de agua no sólo en términos cuantitativos de ahorro sino también en términos cualitativos respecto a los impactos en los parámetros de calidad de las aguas.

2.3. Selección de indicadores

El modelo de decisión permite analizar el impacto del establecimiento de un centro de intercambio de derechos de agua sobre el comportamiento de los sistemas agrarios. Puesto que el modelo contempla la posibilidad de invertir en nuevas tecnologías de riego y de variar la superficie de cultivos permanentes, la respuesta del modelo puede entenderse como una respuesta a medio plazo. Sin embargo, es preciso subrayar que, debido a limitaciones en la información disponible, el modelo no contempla la posibilidad de introducir nuevos cultivos o nuevas técnicas de producción (producción integrada, por ejemplo). Por consiguiente, cabe esperar que, en la realidad, el abanico de estrategias de ajuste de que dispone el agricultor sea más amplio. Obviamente, si fuese posible integrar más estrategias de análisis podría mejorarse la capacidad predictiva del modelo.

Con objeto de facilitar el análisis multidimensional de los efectos de la aplicación de una tasa al agua de riego, se ha seleccionado un conjunto de indicadores socioeconómicos, ambientales, de uso de suelo y de gestión (Tabla 2).

En cuanto a indicadores ambientales, el fundamental es el uso de agua en parcela, en metros cúbicos por hectárea. Los indicadores de uso de suelo se refieren principalmente a la distribución de superficie en la unidad de riego por cultivo o grupo de cultivos.

Table 2. Indicadores seleccionados

| Categoría | Indicador | Unidades |
|----------------|--|------------------------|
| Socioeconómico | Margen Neto (MN) | Euros por hectárea |
| | Valor Añadido Bruto (VAB) | Euros por hectárea |
| | Productividad media del agua | Euros por metro cúbico |
| | Balance económico de la Agencia del Agua | Euros por hectárea |

| | | |
|--------------|--|---------------------|
| Ambiental | Agua derivada | Hectómetros cúbicos |
| | Agua cedida | Hectómetros cúbicos |
| | Uso de fertilizantes | UF por hectárea |
| Uso de suelo | Superficie de cereales, oleaginosas, proteaginosas (COP) | Porcentaje |
| | Superficie de cultivos hortícolas | Porcentaje |
| | Superficie de cultivos perennes | Porcentaje |
| Gestión | Superficie de secano | Porcentaje |
| | Superficie de riego por superficie | Porcentaje |
| | Superficie de riego por aspersión | Porcentaje |
| | Superficie de riego localizado | Porcentaje |

Como principales indicadores económicos se han utilizado el Valor Añadido Bruto (VAB) y el Margen Neto (MN). El VAB puede considerarse un buen indicador del resultado económico final de la actividad productiva y 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). Este indicador facilita la comparación del valor económico del agua en agricultura y en otros usos alternativos. Así, definiremos la productividad media del agua en agricultura como el VAB por metro cúbico de agua derivada.

Puesto que el VAB no tiene en cuenta las amortizaciones, se ha considerado además otro indicador de renta, el Margen Neto. El margen neto corresponde a la remuneración de los factores de producción (tierra, agua, trabajo familiar y capital).

2.4. Escenarios de simulación considerados

La mayor parte de los datos disponibles se refieren al periodo 2004-2006, por lo que este periodo se ha tomado como periodo de referencia.

Sin embargo, como ya hemos comentado anteriormente, el análisis del valor económico del agua en agricultura requiere considerar conjuntamente las medidas de política de agua y de política agraria. No podemos olvidar los profundos cambios de política agraria que han tenido

lugar en los últimos años, que están originando cambios importantes en la orientación productiva de numerosas áreas de riego. Por tanto, se ha considerado conveniente incorporar en la definición del escenario base el cambio de orientación experimentado por la Política Agraria Común (PAC) a partir de la Reforma Intermedia acordada en 2003, que ha entrado en vigor en 2006, así como las últimas modificaciones de aplicación en la campaña 2008-2009, principalmente la anulación de la retirada obligatoria.

El escenario base se define, por tanto, como el escenario sin política de agua pero considerando todas las medidas de la Política Agraria Común (PAC) en vigor en 2008. Este escenario se utilizará como base de comparación para analizar los efectos potenciales del establecimiento de un centro de intercambio de agua.

Los escenarios de simulación contemplados en este estudio son:

- **CID1:** horizonte medio plazo, decisión individual
- **CID2:** horizonte corto plazo, decisión individual
- **CID3:** horizonte corto plazo, decisión colectiva
- **CID4:** **CID3** + escenario de sequía

En todos los escenarios, se ha analizado la respuesta ante la implementación de una compensación por el agua cedida, simulando incrementos de 1 céntimo de euro por metro cúbico, en el intervalo de 0 a 20 céntimos de euro por metro cúbico.

El modelo de decisión simula hipotéticos incrementos de la compensación por el agua cedida y permite simular la respuesta de los regantes ante el establecimiento del centro de intercambio. Cada unidad de riego (UR) responderá modificando su conducta económica con el objetivo de maximizar el margen. Las estrategias de ajuste consideradas por el modelo 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, por ejemplo), y disminución de la superficie regada (sustituyendo cultivos de regadío por cultivos de secano).

3. Aplicación del Modelo a la Zona Regable de los Canales de Urgell

3.1. Delimitación de la Zona Objeto de Estudio

La actual red de riego del Canal d'Urgell esta constituida por el Canal Principal, Canal Auxiliar, y cuatro acequias principales que junto a las acequias secundarias y a los alimentadores conforman un sistema de riego de aproximadamente 3000 Km. La zona regable del Canal d'Urgell ocupa más de 86000 hectáreas de las que aproximadamente 70000 son de regadío, está organizada en 21 colectividades que pertenecen a cinco comarcas de la provincia de Lleida. En nuestro trabajo hemos escogido dichas colectividades como unidades de riego. Nuestro objetivo es estimar una hipotética curva de oferta de derechos de agua de riego en la zona agrícola de la Comunitat General de Regants del Canal d'Urgell. Hay que señalar, sin embargo, que la denominación de curva de oferta es inexacta, de hecho identificamos el precio mínimo a partir del cual hipotéticos propietarios racionales de derechos de agua estarían dispuestos a ceder temporalmente una determinada cantidad de dichos derechos. Para ello analizamos los aspectos económicos más relevantes del uso del agua en la zona agrícola de la Comunitat General de Regants del Canal d'Urgell y a partir de este análisis establecemos dichos valores mínimos en el marco de un centro de intercambio de acuerdo con lo que establecen los artículos 71 y siguientes de la Ley de Aguas. Para determinar el precio de mercado de estos derechos sería necesario considerar, entre otras cuestiones, la disposición a pagar de los compradores.

3.2. Descripción de la Base de Datos

El análisis del valor económico del agua de riego necesita de gran cantidad de información. Hemos obtenido la información necesaria para realizar nuestro estudio en las fuentes citadas en la Tabla 1. Aunque en nuestro trabajo hemos escogido las colectividades como unidades de riego, sin embargo, la unidad administrativa utilizada tanto por el Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya (DAR), como por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARN) es el municipio. Así, una de las dificultades que presentó la confección de nuestra base de datos inicial fue la reasignación de los datos facilitados en unidades municipales a unidades de riego o colectividades. La distribución de cultivos utilizada para el estudio así como la caracterización de las colectividades se muestran en la figura 1 y la tabla 3 respectivamente.

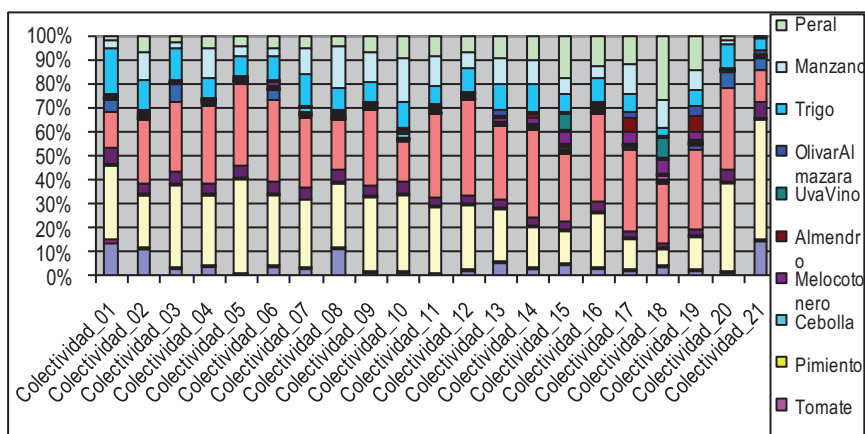


Figura 1. Distribución de Cultivos por Colectividades

Table 3. Características de la zona de estudio

| | número ha. | número ha. | ha. totales | hm3 | | % sup. Reg. | MN/ha | VAB/ha | VAB/m3 |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| | secano | regadio | agricolas | m3/ha | derivados | Alimentador | precio 0c€ | precio 0c€ | precio 0c€ |
| Colectividad_01 | 1401.71 | 5100.99 | 6502.70 | 6291 | 28.30 | 1.55 | 1014.9 | 1176.4 | 0.25 |
| Colectividad_02 | 205.68 | 6877.42 | 7083.10 | 8476 | 51.40 | 2.45 | 2030.3 | 2334.2 | 0.32 |
| Colectividad_03 | 257.25 | 6242.75 | 6500.00 | 7659 | 42.16 | 2.12 | 1483.9 | 1676.7 | 0.26 |
| Colectividad_04 | 62.67 | 4263.13 | 4325.80 | 9349 | 35.14 | 12.67 | 2116.9 | 2407.0 | 0.31 |
| Colectividad_05 | 36.69 | 3584.21 | 3620.90 | 9344 | 29.53 | 24.14 | 1825.5 | 2067.4 | 0.26 |
| Colectividad_06 | 189.65 | 3044.35 | 3234.00 | 8427 | 22.62 | 39.94 | 1782.1 | 2035.4 | 0.30 |
| Colectividad_07 | 33.18 | 782.82 | 816.00 | 9245 | 6.38 | 12.13 | 2071.0 | 2379.6 | 0.31 |
| Colectividad_08 | 458.80 | 2296.50 | 2755.30 | 8530 | 17.27 | 4.11 | 1791.3 | 2092.9 | 0.33 |
| Colectividad_09 | 38.80 | 2499.20 | 2538.00 | 9632 | 21.22 | 9.27 | 2244.8 | 2556.5 | 0.31 |
| Colectividad_10 | 36.15 | 3144.25 | 3180.40 | 9955 | 27.60 | 8.53 | 2658.8 | 3065.7 | 0.35 |
| Colectividad_11 | 32.35 | 2050.95 | 2083.30 | 10764 | 19.47 | 16.69 | 2440.1 | 2784.5 | 0.31 |
| Colectividad_12 | 226.80 | 4091.30 | 4318.10 | 9936 | 35.84 | 44.37 | 2015.4 | 2278.9 | 0.28 |
| Colectividad_13 | 814.29 | 4688.91 | 5503.20 | 8597 | 35.54 | 10.16 | 1981.9 | 2270.1 | 0.34 |
| Colectividad_14 | 142.70 | 3496.20 | 3638.90 | 8768 | 27.03 | 8.91 | 2328.0 | 2645.1 | 0.36 |
| Colectividad_15 | 80.33 | 2130.77 | 2211.10 | 8184 | 15.38 | 3.35 | 2940.2 | 3473.5 | 0.51 |
| Colectividad_16 | 265.66 | 4252.64 | 4518.30 | 9480 | 35.55 | 19.57 | 2149.9 | 2433.1 | 0.31 |
| Colectividad_17 | 247.24 | 4039.26 | 4286.50 | 8487 | 30.23 | 7.10 | 2526.3 | 2894.2 | 0.41 |
| Colectividad_18 | 293.39 | 5387.71 | 5681.10 | 7440 | 35.34 | 6.42 | 3572.5 | 4190.8 | 0.68 |
| Colectividad_19 | 47.37 | 668.43 | 715.80 | 9503 | 5.60 | 2.51 | 2288.2 | 2666.5 | 0.34 |
| Colectividad_20 | 70.95 | 849.65 | 920.60 | 7853 | 5.88 | 11.25 | 1469.9 | 1634.6 | 0.26 |
| Colectividad_21 | 182.16 | 559.44 | 741.60 | 8744 | 4.31 | 0.00 | 1014.2 | 1191.2 | 0.19 |
| CUrgell | 5123.82 | 70050.88 | 75174.70 | 8610 | 532 | 11.77 | 2091.0 | 2400.6 | 0.34 |

4. Resultados

Para analizar en más detalle la relación entre la disposición a pagar por los derechos y el número de derechos cedidos, estudiamos y comparamos las relaciones existentes entre estas variables. En particular, hemos considerado tres factores que pueden afectar la oferta de derechos: i) la capacidad de adaptación de las explotaciones agrarias, ii) la determinación de la unidad de decisión, y iii) la abundancia o escasez del agua disponible. Las explotaciones más adaptables serán capaces de variar sus cultivos con mayor facilidad a cambios en las dotaciones de riego lo que puede facilitar la cesión de un mayor número de derechos. Por

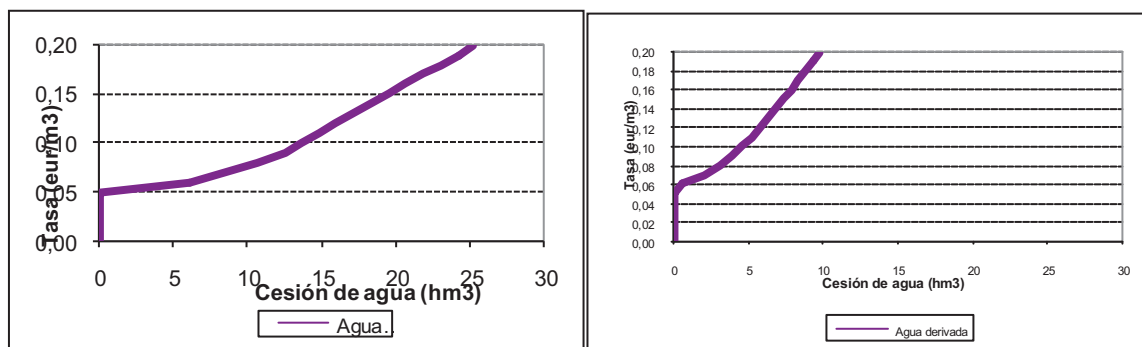
otra parte, el número de derechos cedidos puede variar dependiendo de la identidad de la unidad de decisión, en nuestro estudio consideramos dos posibles unidades, toda la Comunidad de Regantes, o bien cada una de sus colectividades. Finalmente, la decisión de cesión también dependerá del volumen de agua disponible, por ello consideramos dos situaciones, una con una dotación de agua disponible correspondiente a años normales y otra correspondiente a años secos.

4.1. Capacidad de adaptación de las explotaciones agrícolas

El modelo contempla la posibilidad de invertir en nuevas tecnologías de riego y de variar la superficie de cultivos permanentes, por tanto la respuesta del modelo sin restricciones puede entenderse como una respuesta a medio plazo. La capacidad de adaptación de todas las explotaciones agrícolas incrementa con la longitud temporal del horizonte de análisis, cuanto más largo es el horizonte temporal considerado menor es el número de factores fijos y, por tanto, mayor la capacidad de adaptación de los agricultores. Sin embargo, es preciso subrayar que, el modelo no contempla la posibilidad de introducir nuevos cultivos o nuevas técnicas de producción (producción integrada, por ejemplo) y no podremos considerar adaptaciones a largo plazo. Por ello para analizar la influencia de la capacidad de adaptación de las explotaciones agrarias consideraremos dos periodos de análisis, el corto y el medio plazo. En el primer caso suponemos que las superficies dedicadas a cultivos leñosos, como los frutales, es fija, ya que los periodos de amortización y puesta en cultivo de dichas plantaciones requiere inversiones plurianuales. En el medio plazo permitimos que esta superficie pueda variar y adaptarse. Las superficies destinadas a cultivos extensivos como cereales, forrajes u oleaginosas pueden adaptarse con rapidez a las condiciones económicas cambiantes tanto a corto como a largo plazo.

De los resultados obtenidos podemos concluir que las colectividades con cultivos extensivos con una mayor capacidad de adaptación al régimen de secano cederán más derechos de riego, en general estas colectividades coinciden con aquellas cuyos cultivos presenten un menor Margen Neto. Además, esperamos que, en el corto plazo la elasticidad-precio de la oferta de derechos de las colectividades destinadas mayoritariamente a cultivos extensivos sea mayor que la elasticidad-precio de la oferta de derechos de las colectividades con abundancia de cultivos leñosos. Este hecho puede observarse, comparando las formas de las curvas de oferta de derechos correspondientes a la Colectividad 1 y 18 presentadas en la Figura 3.

Figura 3: Curvas de Oferta de Derechos a Corto Plazo Colectividades 1 y 18.



4.2. Unidad de decisión

La Comunidad General de Regantes de los Canales d’Urgell (CGRCU) es la propietaria de los derechos y llegado el caso sería esta Comunidad quien debiera decidir el volumen de derechos a ceder. Sin embargo, es relevante preguntarse cuales serían las consecuencias si cada unidad de riego pudiese decidir la cesión de los derechos y su cuantía. Para responder a esta cuestión hemos planteado dos escenarios. En primer lugar, un escenario de asignación colectiva, donde la CGRCU decide el volumen de derechos a ceder obligando a que cada miembro de la comunidad reduzca su dotación de agua de riego en la misma proporción. En este caso y sea cual sea el volumen de agua disponible cada colectividad sigue recibiendo en términos porcentuales la misma proporción de agua que recibía en la situación inicial (a precio cero). Las consecuencias de una reducción en el volumen de agua disponible se reparten por igual entre colectividades.¹ La cesión de derechos se produce de forma proporcional, por ejemplo, si precio al incrementar el precio pagado por los derechos la CGRCU decide reducir en un 50% del volumen de agua total disponible, cada colectividad deberá ceder también el 50% del agua utilizada inicialmente.

En el segundo escenario, llamado individual, suponemos que cada colectividad decide el volumen de derechos que esta dispuesta a ceder dado un precio. En este caso, la cesión de derechos no se produce de forma igualitaria, sino que cada colectividad decide la reducción en el volumen de agua de riego utilizada y el número de derechos cedidos. Si el precio pagado por los derechos incrementa, cada colectividad incrementará el volumen de derechos cedidos

¹ Si una colectividad recibía el 5% del total agua de riego disponible en el momento inicial, sigue recibiendo ese mismo 5% aunque el volumen total de agua disponible haya disminuido.

y reducirá el volumen de agua destinada al riego. El volumen total derechos cedidos por la CGRCU resultará de sumar los derechos cedidos por cada colectividad.

La mayor diferencia entre estos dos repartos es una cuestión de eficiencia. En el segundo escenario cada colectividad decide el volumen de derechos a ceder a cada precio y por tanto las colectividades que obtienen un menor margen de beneficio del agua riego estarán dispuestas a ceder un mayor volumen de derechos y a beneficiarse de su venta. Al aumentar el precio de los derechos las colectividades cederán sus derechos a medida que los beneficios que ingresen por su cesión supere a los beneficios asociados a la actividad agrícola de regadío. Solo las colectividades que sean capaces de obtener rendimientos elevados del agua de riego seguirán regando y el resto de colectividades preferirá ceder sus derechos. El agua será utilizada en los cultivos capaces de reportar un margen de beneficios superior. Este reparto es más eficiente que el igualitario, donde la cesión de derechos se produce independientemente de la rentabilidad alcanzada por el uso del agua de riego

En un escenario de decisión colectiva, la reducción en el número de hectáreas cultivadas es alícuota en todas las colectividades, las colectividades con mayor valor añadido por hectárea, como la 18, deben reducir las hectáreas de regadío en la misma proporción que las colectividades con menor rentabilidad, como la 1. Las colectividades más productivas reducen las hectáreas de regadío en una proporción mayor de la que debieran, dejando de regar hectáreas con una productividad elevada y superior, en algunos casos, a la productividad de las hectáreas que permanecen en regadío en colectividades menos eficientes. En un escenario de decisión colectiva sucederá que colectividades para las que sería rentable ceder derechos no los pueden ceder y otras que les resultaría óptimo disponer de un mayor número de derechos no pueden conseguirlos

Si el proceso de cesión se realizase de forma individual, cada colectividad o regante cedería el volumen que maximizaría su margen neto, haciendo su decisión eficiente. Además la cesión individual facilitaría la comprobación de que la reducción en el uso del agua de riego se llevase realmente a cabo. Por el contrario, si los miembros de una colectividad son obligados a llevar a cabo cesiones de derechos por encima de las deseadas, en primer lugar tendrían claro incentivos a no obedecer la cesión estipulada y además sería mucho más difícil comprobar que realmente dicha cesión se lleva a cabo.

4.3. Escenario de sequía

Durante los periodos de sequía, las necesidades hídricas y consecuentemente el valor del agua de riego tenderán a aumentar, por ello evaluamos la relevancia de los episodios de sequía y su influencia en la oferta de derechos comparando dos posibles escenarios, uno representativo de la disponibilidad de agua para riego durante periodos estándar y otra representativa de las disponibilidades de agua bajo periodos de sequía. En el escenario estándar supondremos que el volumen de agua derivada para riego es de 531 hm³ al año, que la extensión dedicada a árboles frutales permanece constante y que las decisiones sobre el uso del agua derivada se toman por la CGRCU. En años hídricos estándar y con derechos a precio cero, ese volumen de agua derivado representa unas dotaciones de 8601 m³/ha y año. Por otra parte, caracterizaremos el escenario de sequía con un volumen de agua derivado igual a 372 hm³/año, en este caso el volumen de agua disponible representa el 70% de la media anual derivada durante los últimos años por la CGRCU, y representa unas dotaciones de 6021 m³/ha², el resto de condiciones permanece iguales que en el anterior escenario.

La diferencia fundamental entre el escenario estándar y el de sequía en el caso de la Colectividad 18, por ejemplo, reside en el volumen derechos susceptibles de ser cedidos. Bajo concisiones de sequía y a un precio de 15c€ por derecho la Colectividad 18 apenas cederá 4.8 hm³ de agua. A ese mismo precio, en condiciones de estándar, dicha colectividad ofrecería más de 15 hm³. En esta Colectividad y dadas las características de los cultivos, al aumentar el precio de los derechos disminuye la superficie regada por gravedad pero ahora no solo aumenta la superficie destinada a secano sino que así mismo lo hace el riego localizado por goteo, pero el riego localizado por aspersión desaparece.

Por último, una forma de constatar la veracidad de un modelo es comparar los valores obtenidos del mismo con las magnitudes reales. Una magnitud de referencia básica en nuestro modelo es el Margen Neto por hectárea para cada unidad de riego. Así nos propusimos comparar el valor de los márgenes netos obtenidos en nuestro modelo con el valor de los márgenes netos reales. Sin embargo, no existen estimaciones de los márgenes netos ni por producto ni por hectárea para la zona del Canal d'Urgell, ni tampoco para otras zonas de Catalunya³. Una vez constatada esta realidad aproximamos dichos márgenes utilizando los

² El volumen de agua utilizado en agricultura sin considerar la reutilización a través de alimentadores será de 7684 y 5308 m³/ha, respectivamente.

³ El Servei d'Estudis del DAR nos indicó que carecían de tales estimaciones.

las estimaciones realizadas por el MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) para la Comunidad de Aragón. Una vez obtenidas estas estimaciones y conociendo la composición de cultivos de cada unidad de riego, calculamos los márgenes netos asociados a cada unidad de riego. Para ello calculamos un promedio ponderado asociando al margen neto de cada producto el peso de dicho producto en la Colectividad. Los resultados de nuestras estimaciones muestran diferencias notables con las estimaciones realizadas utilizando datos del ministerio. Ya que el valor del Margen Neto estimado por nuestro modelo es 2083 €/ha y está, en media, un 38.8%, por encima del valor obtenido utilizando los datos correspondientes facilitados por el MARM 1273€/ha. Era razonable esperar que existan diferencias notables entre ambas aproximaciones de los márgenes netos, ya que los datos proporcionados por el Ministerio hacen referencia a toda la Comunidad de Aragón que incluye una amplia variedad de zonas, algunas de ellas bastante menos productivas que la zona del Canal de Urgell. Si las estimaciones realizadas utilizando los datos del MARM fuesen ciertas nos indicarían que el precio a pagar por los derechos en nuestro modelo está sobrevalorado y que es posible conseguir cesiones de derechos a precios inferiores.

5. Conclusiones

La implementación de instrumentos económicos para el logro de fines ambientales supone un cambio notable de orientación de las políticas de agua en vigor y pone de relieve la necesidad de caracterizar y analizar en profundidad la demanda de agua en agricultura, teniendo en cuenta las especificidades de las distintas áreas de riego.

Este contexto confiere un gran valor al desarrollo de instrumentos de ayuda a la decisión pública que puedan proveer información detallada y desagregada sobre los impactos socioeconómicos del establecimiento de tarifas de agua de riego. La metodología propuesta en este estudio permite caracterizar la demanda de agua de riego en un amplio rango de unidades de riego. Comparada con otras opciones metodológicas, la metodología propuesta tiene una mayor capacidad para trabajar con fuentes de datos secundarios, lo cual reduce la necesidad de recurrir a trabajos de campo específicos y facilita la actualización de la base de datos.

De nuestro estudio se deduce que, como puede apreciarse en la Tabla 4, el incremento del precio de los derechos siempre resulta en un volumen mayor de agua cedida. Así mismo el

margen neto siempre incrementa con el precio de los derechos. Así mismo observando los resultados de nuestro estudio podemos afirmar que la proporción de secano incrementa al aumentar el precio pagado por los derechos, y el porcentaje de riego por gravedad disminuye también en una proporción elevada.

Table 4. Evolución del volumen de agua cedida y de los márgenes netos para incrementos del precio de los derechos.

| Precio de los Derechos | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Agua Cedida hm3 | Agua Cedida hm3 | Agua Cedida hm3 | Agua Cedida hm3 | MN/ha €/ha | MN/ha €/ha | MN/ha €/ha | MN/ha €/ha |
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2093.3 |
| 0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2093.3 |
| 0.02 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2093.3 |
| 0.03 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2093.3 |
| 0.04 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2091.0 | 2093.3 |
| 0.05 | 18.2 | 18.0 | 9.7 | 0.0 | 2093.0 | 2092.9 | 2093.8 | 2093.3 |
| 0.06 | 58.6 | 57.8 | 51.4 | 0.0 | 2109.5 | 2108.6 | 2114.1 | 2093.3 |
| 0.07 | 93.2 | 91.4 | 81.4 | 0.0 | 2144.4 | 2142.4 | 2144.9 | 2093.3 |
| 0.08 | 123.3 | 120.6 | 105.3 | 0.0 | 2196.1 | 2191.1 | 2186.5 | 2093.3 |
| 0.09 | 147.0 | 143.4 | 126.7 | 0.0 | 2257.3 | 2250.8 | 2234.8 | 2093.3 |
| 0.10 | 167.1 | 162.6 | 145.0 | 0.0 | 2328.5 | 2317.9 | 2289.8 | 2093.3 |
| 0.11 | 185.6 | 180.1 | 163.8 | 4.3 | 2406.1 | 2390.8 | 2356.3 | 2102.7 |
| 0.12 | 203.1 | 196.6 | 182.5 | 23.0 | 2488.3 | 2467.8 | 2431.6 | 2149.1 |
| 0.13 | 219.8 | 212.4 | 199.8 | 40.3 | 2578.7 | 2552.2 | 2505.6 | 2193.9 |
| 0.14 | 237.4 | 229.0 | 216.9 | 57.4 | 2675.9 | 2642.5 | 2585.4 | 2243.3 |
| 0.15 | 253.0 | 243.6 | 232.5 | 73.0 | 2771.9 | 2731.3 | 2667.7 | 2294.4 |
| 0.16 | 271.5 | 261.1 | 236.1 | 76.6 | 2866.9 | 2818.4 | 2716.2 | 2316.3 |
| 0.17 | 287.9 | 276.5 | 238.8 | 79.3 | 2968.6 | 2911.2 | 2762.4 | 2336.1 |
| 0.18 | 315.2 | 302.9 | 241.2 | 81.6 | 3073.4 | 3006.4 | 2807.7 | 2355.1 |
| 0.19 | 333.8 | 320.5 | 243.3 | 83.7 | 3182.9 | 3105.4 | 2852.7 | 2373.8 |
| 0.20 | 349.4 | 335.1 | 249.7 | 90.1 | 3287.1 | 3198.5 | 2911.2 | 2403.7 |

También se observa que debido a su mayor flexibilidad en el cambio usos tierra y a su menor MN/ha, las unidades de riego dedicadas a cultivos extensivos pueden reducir la extensión de regadío a precios de los derechos más bajos que las colectividades con un alta proporción de leñosos. La elasticidad-precio de la oferta de derechos es mayor en las colectividades dedicadas a cultivos extensivos. Por tanto, la oferta de derechos no se producirá de forma uniforme por parte de todas las colectividades. Por otra parte, las colectividades (o explotaciones) con menores MN/ha y cultivos más flexibles (extensivos) estarán dispuestos a ceder un mayor volumen de derechos que las colectividades con cultivos leñosos. La cesión individualizada permite adaptar el volumen de derechos cedidos a las características de cada colectividad. Por ello las colectividades con cultivos extensivos estarán dispuestas a ceder un mayor volumen de derechos en un escenario de decisión individual que el que se les asignaría ceder en un escenario de decisión colectiva. Lo contrario es cierto para colectividades con MN/ha elevados y cultivos leñosos, que estarían dispuestas a ceder un menor volumen de derechos en un escenario de decisión individual que en un escenario de decisión colectiva. La

cesión individualizada permite adaptar el volumen de derechos cedidos a las características de cada colectividad y por tanto se produce un incremento en la eficiencia. Además, como era de esperar, nuestro trabajo muestra que en escenarios de sequía es necesario incrementar sustancialmente el precio pagado por los derechos para obtener cesiones de derechos similares en volumen a las de un escenario estándar.

Es importante señalar que, la introducción de un mercado de derechos de agua puede suponer un incentivo importante para evitar situaciones de despilfarro del agua y permitirá modificar la conducta económica a largo plazo. Por otro lado, la gradual desvinculación de las ayudas de política agraria del nivel de producción puede facilitar el abandono del uso de riego en tierras poco rentables. Con la nueva política el volumen de ayudas percibidas no incrementa con la producción y por tanto tendrá menos sentido regar. Este hecho debería facilitar la cesión de derechos desde usos poco a otros más rentables. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto el interés de disponer de instrumentos de ayuda a la decisión, que pueden facilitar información relevante y ser, por tanto, herramientas útiles para asesorar el diseño e implementación de políticas de gestión de la demanda de agua.

Bibliografía

- Bazzani, G.M. (2005). A decision support for an integrated multi-scale analysis of irrigation: DSIRR. *Journal of Environmental Management*, 77: 301-314.
- 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. In: *107th EAAE Seminar "Modeling of Agricultural and Rural Development Policies"*. 29 January - 1 February 2008, Sevilla, Spain. <<http://purl.umh.edu/6674>>
- European Commission (2000). *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities, 22.12.2000.
- Gómez-Limón, J.A.; Riesgo, L. (2004). Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. *Agricultural Economics*, 31: 47-66.
- Howitt, R.E. (1995). Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 329-342.
- 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, J.M.; Garrido, A.; Blanco, M.; Varela Ortega, C.; Iglesias, E. (1998). *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. MAPA/Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Varela Ortega, C.; Sumpsi, J.M.; 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.