

Políticas de tarificación y de ahorro de agua en el regadío. Análisis de su aplicación conjunta (*)

LAURA RIESGO ÁLVAREZ (**)

JOSÉ A. GÓMEZ-LIMÓN RODRÍGUEZ (**)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La necesidad de una política de ahorro de agua en los regadíos españoles

España cuenta en la actualidad con una extensa superficie transformada en regadío (3.700.000 ha aprox.), resultado de una dilatada historia de fomento de regadíos que se remonta a la época romana. Todo ello ha provocado que la superficie regada actual suponga el 14,5 por ciento de la superficie agraria útil. La trascendencia de este proceso de transformación radica en la elevada productividad del regadío con respecto al secano (6,5 veces superior como media), circunstancia que provoca que su aportación a la producción final agrícola nacional sea del 55 por ciento (MAPA, 2001). A esta indudable importancia económica hay que sumarle el beneficio social que genera el regadío en el medio rural, empleando directamente del orden de 550.000 agricultores. Asimismo convendría apuntar el interés estratégico del sector como sustento de la industria agroalimentaria, gran parte de la cual depende en buena medida de los suministros de materias primas proporcionados por el regadío (con-

() Esta investigación ha sido financiada por la UE a través del proyecto de investigación WADI (Contrato EVK1-CT-200-0057), por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología a través del proyecto LEYA (REN2000-1079-C02-02) y por la Junta de Castilla y León a través del proyecto MODERNA (VA037/02). Los autores agradecen igualmente los útiles comentarios de los revisores anónimos, que sin duda han permitido mejorar la calidad del documento original.*

*(**) Dpto. de Economía Agraria. E.T.S.II.AA. Palencia. Universidad de Valladolid.*

serveras, fábricas de piensos, etc.), tal y como apunta la propia Administración central (MAPA, 2001).

A pesar de estos datos que evidencian la importancia estratégica del regadío para el medio rural español, hay que apuntar que su estado de operatividad y conservación dista mucho de ser el adecuado. En este sentido son clarificadores los datos recogidos en la memoria del Plan Nacional de Regadíos (PNR) horizonte 2008 (MAPA, 2001) en el cual se informa que los sistemas de riego empleados son mayoritariamente de riego por superficie (1.981.000 ha), de forma que las nuevas tecnologías, como la aspersión y el goteo, son todavía minoritarias. Además, la antigüedad de las infraestructuras determina que hoy existan 735.000 ha en las que las redes de distribución están constituidas por cauces de tierra, presentando elevadas pérdidas de agua. A su vez, de las 1.295.000 ha regadas actualmente mediante acequias de hormigón, 392.000 ha presentan graves problemas de conservación y mantenimiento. Esta pérdida de eficiencia de las conducciones con el trascurso del tiempo, unida a la modificación de las alternativas de cultivo, ha motivado que 1.129.000 ha estén actualmente infradotadas y 694.000 ha ligeramente infradotadas.

De lo afirmado hasta ahora queda patente que el uso del agua en el regadío español no es eficiente ni desde el punto de vista técnico ni económico. Así, la eficiencia técnica global del riego en la agricultura española se calcula en torno al 64 por ciento como valor medio (Krinner, 1995) (1). Si bien, al diferenciar esta cifra en función de los sistemas de riego, se estima que la eficiencia media de los sistemas de riego por superficie está en torno al 60 por ciento, mientras que los sistemas a presión pueden alcanzar una eficiencia mayor, alrededor del 80-85 por ciento.

Todos estos datos justifican una especial atención en relación con la política de modernización y mejora de regadíos existentes (2), tal y como promueve el propio PNR, de forma que se realicen, entre otras, las pertinentes operaciones encaminadas a disminuir las pérdidas de agua por evaporación y filtración a lo largo del sistema de infraestructuras hidráulicas (políticas de ahorro de agua), permitiendo así que mejore la eficiencia técnica en el uso del riego.

(1) Para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de riego, este autor utiliza como método de cálculo la comparación de la demanda teórica neta de los cultivos en las distintas zonas regables, con el volumen desembalsado en las cabeceras de los canales principales.

(2) La modernización de regadíos se define como «un proceso de mejora técnica y de la gestión de los sistemas de riego, acompañada de reformas institucionales en caso necesario, con el objeto de mejorar la utilización de los recursos y el servicio de suministro de agua a las explotaciones» (FAO, 1997). Sin embargo, en lo que sigue, este documento asocia el concepto de modernización sólo a la reparación y rehabilitación de infraestructuras de riego.

1.2. Condicionantes del cambio en las tecnologías de riego

Según la literatura existente al respecto, la adopción de tecnologías de riego por parte de los regantes no tiene como finalidad última la disminución del consumo de agua, sino que más bien viene determinada por el deseo de incrementar y estabilizar los rendimientos y la calidad de los productos. Con ello se asume que los regantes se comportan basándose en una presunta «racionalidad económica», actuando según el axioma clásico de maximización del beneficio.

La inversión por parte de los regantes en tecnologías de riego va a depender en este sentido de la presencia de una serie de factores económicos y físicos. Así, el entorno ideal en el que los regantes tendrían el mayor estímulo para la incorporación de nuevas tecnologías de riego (la incorporación de tecnologías ahorradoras de agua aportan mayores beneficios), según Dinar y Yaron (1990) y Dinar y Zilberman (1994), tendría que caracterizarse por los siguientes condicionantes:

– *Condicionantes de carácter económico:*

- Altos precios de los productos obtenidos de los cultivos en regadío.
- Elevados precios del agua y de otros insumos (p.e. energía, fertilizantes).
- Altas subvenciones públicas a la incorporación de nuevas tecnologías.

– *Condicionantes de carácter físico y estructural:*

- Baja calidad del suelo.
- Baja calidad del agua de riego.
- Escasez de recursos hídricos.
- Elevada dimensión económica de las explotaciones.

La influencia de todas estas variables sobre la adopción de tecnologías ahorradoras de agua de riego ha sido analizada en numerosos estudios empíricos, entre los que destacan Huffman (1977), Housmann (1979), Feder (1980), Jarvis (1981), Rahm y Huffman (1984), Caswell y Zilberman (1985 y 1986), Putler y Zilberman (1988) y Dinar y Yaron (1990).

Asimismo en España conviene destacar los trabajos realizados en esta línea por Sumpsi *et al.*, (1998) y Blanco (1999 y 2002). Dichos autores constatan, a través de estudios en varias zonas regables, la relevancia de condicionantes tanto de carácter físico y estructural (escasez de recursos hídricos) como de carácter económico (precios del

agua) en la adopción de tecnologías ahorradoras de agua de riego. Estos estudios tienen como conclusión común la constatación de que en zonas regables con recursos hídricos abundantes y bajos precios, el enfoque tradicional de la política incentivadora de ahorro de agua en los regadíos (subvenciones que compensen parcialmente las inversiones realizadas por los regantes) por sí solo no ofrece incentivos suficientes para que los regantes lleven a efecto los correspondientes planes de mejora. Así, como ponen de relieve estos mismos autores, los sistemas de regadío existentes han mejorado poco su eficiencia técnica a pesar de las ayudas otorgadas por la administración en los últimos años.

1.3. Tarificación y la falta de incentivos al ahorro de agua

Las causas que explican la mala conservación y el retraso tecnológico de los sistemas de riego son múltiples. Sin embargo, no cabe duda por lo apuntado anteriormente que una de las fundamentales ha sido la tradicional forma de tarificación del agua en el sector agrario, caracterizada por su baja cuantía y por su pago por superficie regada. En estas circunstancias la disponibilidad de agua por parte de las explotaciones agrícolas se considera como un pequeño coste fijo (coste marginal nulo) para los regantes, sin que existan estímulos económicos para un uso más racional de los recursos o para el mantenimiento de las infraestructuras de riego. Todo ello ha llevado a que las inversiones en tecnologías ahorradoras de agua de riego se considerasen únicamente como un gasto para los usuarios del agua, sin que en la mayoría de los casos se viesan afectadas significativamente sus cuentas de costes (ahorro en la tarificación) o de ingresos (los ahorros de agua obtenidos serían disfrutados y rentabilizados por otros usuarios).

El panorama apuntado anteriormente va a cambiar de manera radical con la aplicación de la Directiva Marco de Aguas (DMA) aprobada en el año 2000. Dicha medida establece la conveniencia de utilizar el instrumento económico de la tarificación para la consecución de los objetivos ambientales y de eficiencia en el uso de los recursos hídricos que ésta persigue. Para ello el artículo 9 contenido en la misma dispone que «los Estados miembros tendrán en cuenta el principio de recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua, incluidos los costes medioambientales y los relativos a los recursos». A causa de este imperativo legal, los Estados miembros tienen la obligación de introducir una tarificación del agua que induzca a una utilización más racional del recurso antes de 2010. Así, este

requerimiento va a modificar la situación actual de pago fijo en función de la superficie cultivada en favor de tarifas volumétricas basadas en la cantidad consumida.

1.4. Objetivos

En la literatura científica existente podemos encontrar un buen número de estudios que analizan los efectos económicos, ambientales y sociales derivados de la tarificación del agua de riego (Tisdell, 1996; Sumpsi *et al.*, 1998; Gómez-Limón y Berbel, 2000 y Johansson, 2000), así como los motivados por las mejoras en las tecnologías de riego (ver Carruthers, 1990; Caswell y Zilberman, 1985 y 1986; Hufaker y Wittlessey, 2000 y Wichelns, 2002). Nos remitimos a ellos para un análisis más exhaustivo. Sin embargo, el presente trabajo trata de analizar las implicaciones que puede suponer la aplicación conjunta de una política de tarificación y de una política incentivadora del ahorro de recursos hídricos en el regadío.

El análisis conjunto de ambas políticas ya ha sido abordada por autores como Blanco (1999 y 2002) y Fernández y Arias (2000). En estos trabajos se pone de relieve la existencia de una correlación positiva entre el incremento del precio del agua y la demanda de una tecnología ahorradora de agua por parte de los regantes. La explicación en que se basa esta circunstancia se fundamenta únicamente en la instrumentación por parte de los regantes de las nuevas tecnologías como medio para disminuir el consumo del recurso y, por tanto, sus costes de producción. No obstante, estos estudios, caracterizados por plantear metodologías basadas en supuestos comportamientos maximizadores del beneficio por parte de los productores, no permiten explicar adecuadamente las disparidades de comportamiento inversor en tecnologías ahorradoras de agua de estos usuarios.

En este contexto, el objetivo principal de este trabajo consiste en desarrollar una nueva metodología que permita evaluar la aplicación conjunta de ambos instrumentos de gestión del agua de riego. Para ello, y como elemento innovador respecto a los trabajos previos, se utilizan modelos de programación matemática basados en la Teoría de la Decisión Multicriterio (MCDM) que permiten estudiar el impacto potencial de la aplicación de la tarificación del agua sobre la agricultura de regadío, analizando su repercusión sobre la demanda de tecnologías ahorradoras de agua de riego. Asimismo conviene destacar que la propuesta metodológica que se plantea se basa igualmente en una cuidada agregación de los agentes afectados (regantes), de tal forma que la demanda de tecnología ahorradora de agua

de riego pueda analizarse diferencialmente por grupos homogéneos de agricultores en función de los objetivos tenidos en cuenta a la hora de planificar su producción. De esta manera se pretende introducir en el análisis las implicaciones que tiene la diversidad de objetivos presentes entre los productores de regadío sobre la efectividad conjunta de ambas políticas de gestión de la demanda de agua de riego.

Este trabajo pretende igualmente realizar una aplicación práctica de la metodología propuesta sobre una comunidad de regantes concreta (Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga), analizando el impacto que tendría la hipotética repercusión total de costes que propone la DMA sobre la demanda de tecnologías ahorradoras de agua en cada uno de los grupos de regantes considerados, así como sobre el conjunto de la agricultura de regadío de la zona de estudio.

2. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Aproximación multicriterio

Un principio básicamente aceptado en la Teoría Económica clásica es que el comportamiento de los empresarios se rige por la maximización del beneficio. Siguiendo este principio, la toma de decisiones de cualquier agricultor, como empresario agrario, se podría realizar a través de simples modelos de programación lineal cuya función objetivo fuese el beneficio. Sin embargo, la simple observación de la realidad refuta tal hipótesis, tal y como han puesto de manifiesto numerosos estudios. Efectivamente, distintos autores han puesto de manifiesto a través de estudios empíricos la complejidad de la toma de decisiones de los agricultores, para la cual se evalúan distintos atributos. Entre estos trabajos, podemos señalar los clásicos de Gasson (1973), Smith y Capstick (1976), Harper y Eastman (1980), Kliebenstein *et al.* (1980), Patrick y Blake (1980) o Cary y Holmes (1982). De forma particular en España existen igualmente pruebas al respecto, tal como evidencian Sumpsi *et al.*, (1993 y 1997), Gómez-Limón y Berbel (1995) y Berbel y Rodríguez (1998). Todos estos estudios tienen como conclusión común la constatación de que los agricultores a la hora de tomar sus decisiones de producción tienen en mente, además del beneficio, otra serie de consideraciones relacionadas con su entorno económico, social, cultural y ambiental.

Ante esta evidencia, nos ha parecido adecuado analizar el problema económico que nos ocupa dentro de la estructura teórica del paradigma de la Teoría de la Decisión Multicriterio. En concreto, se ha optado por realizar una modelización basada en la Teoría de la Uti-

alidad Multiatributo (MAUT), desarrollada especialmente a partir de Keeney y Raiffa (1976).

Aunque los requerimientos matemáticos necesarios para suponer una función de utilidad multiatributo (MAUF) aditiva pueden llegar a ser realmente restrictivos, Edwards (1977), Farmer (1987) y Huirne y Hardaker (1998) han demostrado que este tipo de función de utilidad permite una aproximación sumamente cercana a la función de utilidad verdadera, incluso cuando las condiciones referidas no son satisfechas. Por este motivo, en el ámbito agrario normalmente se ha optado por calcular funciones de utilidad aditivas, especialmente cuando uno de los criterios considerados es el riesgo. Este estudio ha optado por seguir esta misma línea y basar su análisis en modelos matemáticos con una MAUF aditiva.

La valoración de las distintas alternativas (función de utilidad), en este caso, resulta de sumar las contribuciones de cada uno de los atributos considerados adecuadamente ponderados en función de su importancia. La máxima simplificación operacional de la MAUF aditiva se obtiene en el caso en que las funciones de utilidad monoatributo que la componen sean lineales. Entonces se obtiene la siguiente expresión matemática:

$$U_j = \sum_{i=1}^n w_i r_{ij} \quad [1]$$

donde U_j es el valor de la utilidad de la alternativa, j , w_i es la ponderación o peso otorgado al atributo i y r_{ij} es el valor del atributo i para la alternativa j .

Esta formulación implica curvas de indiferencia del decisor lineales (utilidades marginales parciales constantes), circunstancia poco probable en la realidad, pero que puede considerarse como una aproximación razonable para rangos relativamente estrechos de los atributos (Edwards, 1977; Hardaker *et al.*, 1997, p. 165; Huirne y Hardaker, 1998 y Amador *et al.*, 1998).

Teniendo en cuenta estas consideraciones de partida, la metodología seguida en el presente estudio para la estimación de la MAUF aditiva se basa en la técnica desarrollada por Sumpsi *et al.* (1993 y 1997). Para evitar repeticiones innecesarias, nos remitimos a estas referencias para cualquier aclaración respecto a esta técnica multicriterio utilizada. Tan sólo señalar que el resultado de la misma consiste en la obtención de pesos (W_i) otorgados por los productores a cada uno de los objetivos establecidos *a priori* como relevantes en la toma de decisiones. Estos pesos obtenidos mediante la técnica referida son

consistentes con la siguiente expresión de función de utilidad separable, aditiva y lineal para cada atributo (Dyer, 1977):

$$U = \sum_{i=1}^n w_j \frac{f_i(\vec{X}) - f_{i*}}{f_i^* - f_{i*}} \quad [2]$$

donde f_i^* son los valores ideales y f_{i*} los valores antiideales de los distintos objetivos.

2.2. El problema de la agregación y el análisis de grupos

En la modelización de la actividad agraria a escala sectorial (o a cualquier otro nivel que considere conjuntamente distintas explotaciones) surgen los problemas de los sesgos de agregación. Efectivamente, la introducción de un conjunto de explotaciones en un modelo de programación único sobreestima la movilidad de los recursos, permitiendo que las explotaciones combinen recursos en proporciones no disponibles para ellas de forma individual (Hazell y Norton, 1986, p. 145).

Estos sesgos de agregación sólo pueden evitarse si las explotaciones agrupadas en el modelo reúnen rígidos criterios de homogeneidad (Day, 1963): homogeneidad tecnológica, proporcionalidad pecuniaria y proporcionalidad institucional.

La unidad de análisis de este estudio es una zona regable de unas 10.000 ha (Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga). Se trata ésta de una zona relativamente pequeña y, por tanto, bastante homogénea desde el punto de vista edafoclimático, tecnológico, de política agraria aplicada, de mercado, etc. En estas circunstancias puede considerarse que estas zonas reúnen los criterios de homogeneidad de Day antes referidos.

Según lo expuesto hasta el momento, se podría pensar que la toma de decisiones de la zona de estudio podría modelizarse a través de un único programa lineal con unos sesgos de agregación relativamente pequeños. Es por ello que numerosos trabajos realizados con unidades de análisis semejantes se han basado en modelos agregados únicos. De manera ilustrativa pueden consultarse los trabajos de Bernard *et al.* (1988), Chaudhry y Young (1989), Kulshretha y Tewari (1991), Varela-Ortega *et al.* (1998), Sumpsi *et al.* (1998), Hooker y Alexander (1998), Amir y Fisher (1999 y 2000) ó Berbel y Gómez-Limón (2000).

Sin embargo, conviene señalar que los requerimientos antes expuestos están planteados desde una óptica clásica, asumiendo una función

objetivo basada sólo en el beneficio como único criterio de elección. Si se plantea este análisis desde una perspectiva multicriterio, surge entonces la necesidad de definir otra homogeneidad adicional como requerimiento para evitar los sesgos de agregación; la homogeneidad relativa a los criterios de elección de los agricultores. Este tipo de semejanza es la que se ha supuesto implícitamente en aquellos trabajos fundamentados en modelos multicriterio únicos para el conjunto de productores agrarios de una determinada zona de producción (por ejemplo, Gómez-Limón y Berbel, 2000 y Cañas *et al.*, 2000).

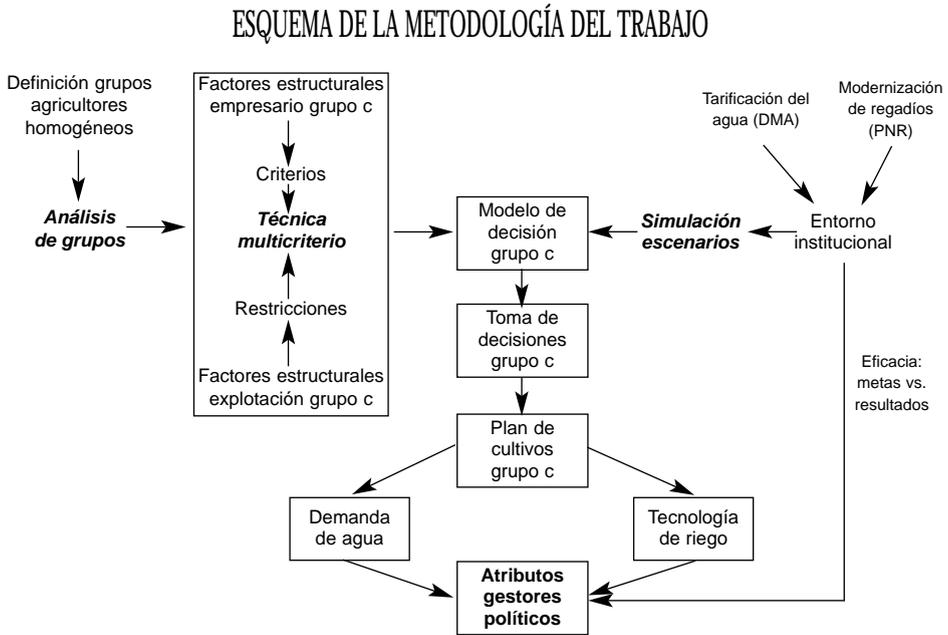
No obstante, la experiencia acumulada en este campo nos hace suponer que la homogeneidad en los criterios de decisión entre los productores raramente se da en la realidad. Efectivamente, como antes se apuntó, al ser los criterios de decisión unas variables basadas principalmente en características psicológicas, éstos cambian significativamente de unos productores a otros, incluso en zonas donde se verifican el resto de condiciones de homogeneidad. Así pues, según esta perspectiva, las diferencias en la toma de decisiones (planes de cultivo) entre agricultores de una misma zona de producción hay que buscarlas principalmente en la configuración de sus respectivas funciones objetivo (en las cuales se condensan las ponderaciones que otorgan a los distintos criterios), más que en otras diferencias relativas a los beneficios por actividad o a la dispar exigencia y disposición de recursos.

En este sentido, para evitar los sesgos de agregación inherentes a la modelización conjunta de productores con funciones objetivos significativamente diferentes, se requiere una clasificación de los mismos en grupos homogéneos en función de su forma de tomar las decisiones. Para ello nos basamos en el trabajo de Berbel y Rodríguez (1998), quienes apuntan que para realizar este tipo de clasificación la forma más eficiente es la utilización de la técnica de análisis de grupos (también conocido como «análisis cluster»), tomando como criterio de clasificación el vector de toma de decisiones real de los productores (plan de cultivo actual). De forma más concreta, el análisis de grupos utilizado en la presente investigación para la clasificación de los agricultores ha empleado la distancia *chi-cuadrado* para medir la diferencia entre los vectores de variables de decisión. Asimismo, el criterio de agregación utilizando ha sido el *método de Ward* o de mínima varianza.

3. METODOLOGÍA

Sobre la base de los elementos básicos antes expuestos, la metodología que sigue el presente estudio para la consecución del objetivo planteado puede esquematizarse como se plasma en la figura 1.

Figura 1



Seguindo este esquema, puede afirmarse que la metodología a desarrollar puede dividirse en cuatro etapas principales, tal y como a continuación se expone.

La *primera etapa* trata de establecer los grupos de regantes a analizar de forma diferencial. Estos grupos, como se ha apuntado, deben ser lo suficientemente homogéneos en cuanto a la forma de tomar decisiones (ponderación de los objetivos considerados), para que la elaboración y resolución de un modelo de programación matemática a nivel agregado no presente sesgos indeseados. Esta agrupación de productores se realiza siguiendo la técnica de análisis de grupos antes referida.

Una vez establecidos los grupos homogéneos a analizar, en una *segunda etapa* se construyen los modelos matemáticos multicriterio para cada uno de ellos, de forma que éstos permitan la realización de simulaciones independientes sobre la toma de decisiones de los correspondientes regantes ante los escenarios de precios del agua y los distintos niveles de eficiencia de riego posibles. Para ello deberán plantearse los elementos esenciales de cualquier modelo matemático, como son las variables de decisión (los diferentes cultivos y técnicas admisibles), la función objetivo tenida en cuenta por los decisores y el conjunto de restricciones que limitan sus decisiones de cul-

tivo. Así, mientras que la determinación de los cultivos posibles no plantea problema alguno (basta con observar la diversidad presente actualmente en la zona de estudio), objetivo y restricciones requieren un análisis más detallado.

En cuanto a los objetivos considerados por cada grupo homogéneo de regantes, como ya se apuntó, el criterio de clasificación seguido por el análisis de grupos empleada nos permite asumir que cada uno de los elementos que componen los distintos grupos presentan homogeneidad en la forma de considerar los objetivos en conflicto que debe satisfacer conjuntamente. En otras palabras, que el conjunto contenido en cada grupo homogéneo es consistente con una única MAUF aditiva como función objetivo en su toma de decisiones. La estimación de esta MAUF para cada grupo se realizará siguiendo el procedimiento multicriterio anteriormente comentado en el epígrafe 2.1.

La estimación de las correspondientes MAUF se hará en base a los datos obtenidos de la situación institucional actual (coste del agua fuertemente subvencionado y pagado por superficie). En este sentido es importante apuntar que se asume que las MAUF obtenidas a partir de esta situación pueden considerarse como caracteres estructurales de cada grupo. En la medida que éstas se corresponden con actitudes psicológicas y/o culturales de los productores, es razonable pensar que se mantendrán constantes en el medio plazo. Este hecho es clave para la simulación realizada, ya que son estas mismas funciones de utilidad las que se suponen que los productores del correspondiente grupo intentarán maximizar en un futuro, ante cualquier escenario de precios o de uso de tecnologías ahorradoras de agua que se les presente.

En lo que respecta a las restricciones a cumplir en la toma de decisiones, cabe afirmar que éstas son reflejo de las limitaciones de carácter estructural de las explotaciones (clima, fertilidad del suelo, condicionantes de mercado, exigencias de la política agraria, etc.). En este sentido el establecimiento de las mismas, básicamente iguales para todos los grupos homogéneos, se realizará según la información obtenida a partir de las encuestas que al respecto se han realizado a los propios productores.

Una vez definidos los diferentes modelos de decisión podrá desarrollarse la *tercera etapa* de la metodología, consistente en la realización de las correspondientes simulaciones. Así, partiendo de los escenarios de la aplicación de la DMA y para los distintos niveles de eficiencia en el uso del agua que caracteriza a hipotéticas alternativas de tecnologías ahorradoras de recursos hídricos en el regadío obje-

to de estudio, se obtendrán las decisiones tomadas por los productores en los diferentes casos: los planes de cultivo. Dichas decisiones son las que permitirán estimar las curvas de demanda de agua de riego que presentan los diferentes grupos de regantes. A partir de las mismas, y para distintos niveles de eficiencia, podremos estimar la disposición a pagar (demanda) de los distintos grupos por las mejoras tecnológicas para cada nivel de precios del agua, obteniendo así finalmente las diferentes demandas de tecnología ahorradora de agua que pueden darse dentro de una misma zona regable.

A partir de las funciones de demanda de agua de riego, obtenidas para cada tecnología de riego, es posible cuantificar los impactos resultantes de los instrumentos económicos aplicados (tarificación y política de incentivos al ahorro de agua de riego). Nos referimos en concreto a la incorporación efectiva de tecnología ahorradora de agua y al ahorro del recuso finalmente conseguido. El cálculo de estos valores, que denominaremos atributos de los gestores políticos, y el análisis de efectividad de los instrumentos económicos elegidos serán el núcleo del desarrollo de la cuarta y última etapa de la metodología planteada.

4. ESTUDIO DEL CASO

4.1. Descripción de la zona de estudio

La evaluación del impacto de la tarificación y de las políticas incentivadoras del ahorro de agua necesita concretarse en el análisis de sistemas reales de la agricultura de regadío. Por ello, la aplicación práctica de la metodología propuesta se realizará sobre la Comunidad de Regantes (CR) del Canal del Pisuega, situada entre las provincias de Palencia y Burgos.

En total la zona comprende 9.392 ha efectivamente regadas. Asimismo, la CR integra en su haber a 2.715 comuneros. La distribución general de cultivos habitual en un año medio, como es en este caso el año 2000, incluye, por orden decreciente, los cereales de invierno (50,6 por ciento), la alfalfa (17,6 por ciento), la remolacha (16,2 por ciento), el maíz (8,3 por ciento), el girasol (1,0 por ciento) y otros cultivos menos relevantes (4,7 por ciento).

La concesión de agua oficialmente reconocida equivale a 8.100 m³/ha anuales. Al tratarse ésta de una cuenca sin problemas de escasez estructural de agua, el organismo encargado de la gestión del agua (Confederación Hidrográfica del Duero, CHD) es capaz de asignar esta cantidad en la mayoría de las campañas de riego. El sis-

tema de riego predominante en la zona es el riego por superficie, utilizando el riego por aspersión únicamente para los cultivos de la remolacha y la alfalfa.

La tarificación actual del agua de riego en esta CR se basa en una cantidad fija en función de la superficie regada. En total, la tarifa a pagar por el regante asciende a 60,59 €/ha, lo cual, teniendo en cuenta la dotación de agua con la que cuenta esta CR, equivaldría a una tarifa volumétrica de 0,01 €/m³.

Las fuentes consultadas para reunir la información requerida para alimentar los modelos planteados fueron tanto oficiales (anuarios y boletines de la Consejería de Agricultura y Ganaderías de Castilla y León) como obtenidas a través de una encuesta realizada de forma aleatoria entre los agricultores de la zona. En concreto, dicho cuestionario se realizó durante la campaña 2000-2001 a un total de 34 agricultores.

En este cuestionario se recoge información a título individual (para cada agricultor) relativa a variables tales como la superficie destinada a cada cultivo, rendimientos obtenidos, costes de cultivo, número de riegos que se le da a los cultivos, etc., así como las restricciones que les afectan a la hora de planificar su actividad agrícola (cuota de remolacha, restricciones agronómicas, etc.). Por otra parte, también se han incluido otras variables de carácter socioeconómico y estructural, a efectos de ilustrar mejor el comportamiento de los agricultores, como son: la edad, el número de integrantes de la unidad familiar, la estructura de la propiedad de la tierra, etc.

4.2. Análisis de grupos

Una vez realizado el análisis de grupos a partir de los datos obtenidos en la encuesta realizada, se pueden distinguir tres grupos homogéneos de agricultores, en función de las decisiones de cultivos que toman los individuos que los componen:

- *Grupo 1.* Este grupo engloba al menor porcentaje de agricultores de la muestra (20,6 por ciento del total de la población), y representar asimismo la menor proporción de superficie de la zona regable (12,5 por ciento). Su perfil se caracteriza por ser agricultores de edad madura (50 años de media) con pequeñas explotaciones (23,7 ha) a las que no se dedican a tiempo completo. Este tipo de agricultores se caracteriza por cultivar mayoritariamente cereales de invierno, con un 65 por ciento del total. Sobre la base de todas estas características, podemos considerar a este grupo como «agricultores muy conservadores».

- *Grupo 2.* Engloba un 35,3 por ciento de agricultores, representando asimismo la mayor superficie de zona regable (57,5 por ciento). La edad media representativa del grupo ronda los 51 años. Sin embargo, al contrario que en el grupo anterior, los agricultores incluidos se dedican casi exclusivamente a la actividad agrícola. Poseen explotaciones de regadío de gran tamaño (63,4 ha), basando sus decisiones de cultivo en los cereales de invierno y el girasol, que en conjunto suponen un 43 por ciento del total cultivado, seguido de la remolacha (32 por ciento) y el maíz (12 por ciento). De esta forma, podemos considerar a este grupo como «*grandes agricultores conservadores*».
- *Grupo 3.* Este tercer agregado engloba al mayor porcentaje de agricultores de la muestra (44,1 por ciento), representando el 38,2 por ciento de la superficie de la zona de estudio. Se caracterizan por ser regantes de menor edad que los del resto de los grupos con una media ligeramente superior a los 46 años, dedicándose a la agricultura como actividad principal. Poseen explotaciones de tamaño mediano (33,7 ha) en las cuales predomina el cultivo de la alfalfa (36 por ciento), la remolacha (20 por ciento), el maíz (20 por ciento) y los cereales de invierno (20 por ciento). De este modo, tenemos un perfil de agricultores cuyo plan de cultivos incluye mayoritariamente a aquellos con mayor margen bruto y más arriesgados (alfalfa, remolacha y maíz). En función de las particularidades observadas, este grupo puede denominarse como «*agricultores comerciales*».

Conviene señalar que la denominación asignada a cada uno de estos grupos homogéneos de agricultores, fundamentada básicamente en sus planes de cultivos, se ha visto ratificada posteriormente por las ponderaciones que cada uno de ellos asigna a los objetivos en las MAUF aditivas que definen sus comportamientos (ver apartado 5.1).

Para un mayor detalle acerca de las características de cada uno de estos grupos remitimos al lector al cuadro 1.

4.3. Modelización multicriterio

Variables de decisión

Dentro de nuestros modelos, para cada grupo homogéneo de agricultores que consideramos, las variables de decisión empleadas son las superficies destinadas a cada uno de los cultivos habituales en la zona de estudio (X_i).

Cuadro 1**CARACTERIZACIÓN DE LOS GRUPOS HOMOGÉNEOS DE REGANTES DE LA CR CANAL PISUERGA**

	Grupo 1 Agricultores muy conservadores	Grupo 2 Grandes agricultores conservadores	Grupo 3 Agricultores comerciales	Media de la CR	
Agricultores de la muestra	20,6%	35,3%	44,1%		
% Superficie representativa	12,5%	57,5%	38,2%		
Edad	50,0	50,7	46,5	48,7	
% Renta procedente agricultura	77,1%	90,0%	90,7%	87,7%	
Nivel educativo	Est. primarios (71,4%)	Est. primarios (50,0%) Bachiller o sup. (33,3%)	Est. primarios (60,0%) Bachiller sup. (26,7%)	Est. primarios (88,2%)	
Formación agraria	Sin formación (57,1%) Cursos agrarios (42,9%)	Cursos agrarios (58,3%) Sin formación (33,3%)	Cursos agrarios (46,7%) Sin formación (33,3%)	Cursos agrarios (50%) Sin formación (38,2%)	
Obtención información	Sindicatos (57,1%)	Sindicatos (66,7%)	Sindicatos (86,7%)	Sindicatos (70,6%)	
Pertenencia a sindicatos	Sí (57,1%)	Sí (83,3%)	Sí (93,3%)	Sí (82,4%)	
Llevanza de contabilidad	No (57,1%)	No (58,3%)	Sí (66,7%)	Sí (55,9%)	
Uso de ordenador	No (85,7%)	No (83,3%)	No (80,0%)	No (82,4%)	
Empleo de asalariados	No (85,7%)	No (83,3%)	No (100%)	No (91,2%)	
ha totales de cultivo (secano + regadío)	105,1	179,5	133,7	139,5	
ha de cultivo en regadío	23,7	63,4	33,7	40,2	
Cultivos en regadío	Cereal invierno	65,4%	38,9%	20%	36,0%
	Maíz	0%	12,1%	19,5%	13,2%
	Remolacha	7,8%	31,8%	19,7%	23,7%
	Girasol	0%	4,9%	1,5%	2,9%
	Alfalfa	25,3%	0%	35,9%	16,9%
	Otros	0%	4,0%	0,6%	2,1%
	Retirada	1,5%	8,3%	2,9%	5,3%

Objetivos

A través de las encuestas realizadas a los agricultores de la zona, hemos podido identificar distintos objetivos que éstos pueden tener en cuenta a la hora de tomar decisiones acerca de su plan de cultivos. En concreto, los objetivos *a priori* a considerar son:

- *Maximización del Margen Bruto Total (MBT)*, considerado como un *proxy* adecuadamente operativo de la maximización del beneficio

de los agricultores. Para su determinación se calcula para cada cultivo la media de los márgenes brutos de la serie de años considerada (1993-1999), expresada en euros constantes del año 2000.

- *Minimización del riesgo (VAR)*, estimado éste a través de la varianza total del plan de cultivo, obtenida a partir de la matriz de varianzas-covarianzas del margen bruto. La base de datos determinada para el período 1993-1999 ha sido igualmente utilizada en este caso para introducir el riesgo en términos de varianza del margen bruto esperado.
- *Minimización de la Mano de Obra Total (MOT)*. La consideración de este criterio debe de interpretarse como un indicador complementario del ocio disponible por el agricultor (que se pretenden maximizar).
- *Minimización del capital circulante (K)*, como forma operativa del objetivo de la minimización del endeudamiento.

Restricciones

En cuanto a las restricciones que consideraremos en el modelo para cada grupo de agricultores, podemos distinguir las siguientes:

- a) Utilización de una superficie igual al total disponible por explotación en cada grupo homogéneo analizado.
- b) Restricciones de agua, en función de su disponibilidad (concesión).
- c) Limitaciones de cultivo impuestas por la PAC (retirada de superficie y el cupo de remolacha).
- d) Frecuencia de los cultivos según los criterios de los propios productores.
- e) Limitaciones de mercado para cultivos especulativos (aplicable únicamente para el cultivo de la alfalfa) y limitaciones tradicionales.

Modelización por grupos

Este modelo básico descrito anteriormente se plantea de forma separada para cada uno de los grupos mencionados anteriormente. En estos modelos para los distintos grupos, los objetivos considerados *a priori* se mantienen iguales para todos los grupos de agricultores, tal y como se ha definido previamente. Por el contrario, las restricciones cambiarán en función de los grupos analizados, basándose en sus circunstancias particulares (por ejemplo, la superficie total por explotación; el cupo de remolacha o las limitaciones de mercado).

4.4. Escenarios futuros de tarificación del agua de riego

A la hora de establecer escenarios de tarificación, el primer inconveniente que se presenta es la falta de datos oficiales sobre el coste del agua de riego, el cual debería ser tomado como referencia para la aplicación de la DMA en cada Estado. Esta carencia ha intentado superarse por parte de varios estudios particulares al respecto, pero sin que ninguno de ellos llegue a ser concluyente (véase Naredo y Gascó, 1994, o Segura, 1997). Posiblemente, la fuente más fiable a este respecto la constituya el trabajo realizado por Escartín y Santafé (1999). Constituye éste un estudio preliminar realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en el que se estiman los costes de suministro de agua para cada cuenca hidrográfica española. Para el caso concreto del Duero, donde se localiza la CR objeto de estudio, el estudio reporta un coste de 6,77 pta/m³ (0,04 €/m³). Conviene indicar, no obstante, que para el cálculo de esta cifra se han considerado únicamente los costes financieros (suma de los costes de operación y mantenimiento, los de amortización de infraestructuras y los correspondientes costes de financiación), si bien no se incluyen los costes ambientales tal y como defiende la DMA. Los autores justifican esta exclusión por la compleja estimación de tales costes ambientales y por la discutible voluntad política de su inclusión como coste «real» del agua.

Ante la indeterminación de la aprobada DMA respecto a la magnitud necesaria para la tarificación y la ausencia de datos oficiales relacionados con el coste del servicio del agua a la agricultura, en esta investigación se ha optado por considerar tres escenarios de futuro para la tarificación del agua de riego en la zona concreta de estudio:

- *Tarificación «media»*. En un intento de aplicar el principio de recuperación del coste del agua en la zona de regadío analizada, una tarifa de 0,04 €/m³ podría considerarse como un valor «razonable», tal y como se propone en el citado trabajo de Escartín y Santafé (1999).
- *Tarificación «suave»*. Se considera una tarifa del agua de 0,02 €/m³. En ningún caso esta cantidad tendría como finalidad la recuperación total de costes totales, puesto que supondría una subvención real del 50 por ciento del coste financiero que generaría el suministro del agua. No obstante, dicha tarifa sí permitiría al menos la provisión *a priori* de incentivos para el uso eficiente del recurso, tal y como dispone la DMA.
- *Tarificación «completa»*. Este último caso considera una tarifa de 0,06 €/m³. Se trataría de una repercusión aproximada del coste íntegro del agua, considerando incluso los costes ambientales

(full-cost-recovery). En esta tarifa se estiman a tanto alzado los costes ambientales como un 50 por ciento de los costes financieros. No obstante, conviene indicar el carácter hipotético de esta cuantía, cuyo cálculo riguroso requeriría de complejos y precisos estudios particulares que exceden el ámbito de la presente investigación.

Este mismo rango de posibles tarifas aplicables por la transposición de la DMA a la normativa española ha sido previamente empleada en otros estudios realizados en la cuenca del Duero (véase, por ejemplo, Gómez-Limón *et al.*, 2002).

4.5. Posibilidades de mejoras de infraestructuras de riego en la zona de estudio

Las infraestructuras de riego en esta CR superan de media los 30 años de antigüedad, habiendo sufrido una conservación deficiente (tanto en los canales principales bajo la responsabilidad de la CHD, como en la red de acequias, responsabilidad de la CR), con lo que su estado de operatividad dista mucho de ser el adecuado. Como consecuencia de ello, la eficiencia técnica global media de los sistemas de riego por superficie no supera el 60 por ciento, mientras que en el caso de los sistemas de riego por aspersión puede alcanzarse una eficiencia global mayor, alrededor del 70-80 por ciento, según información aportada por el propio técnico de la CR. Esta circunstancia justifica la aprobación de un plan de mejora de infraestructuras de la zona que promueva la construcción de nuevas canalizaciones y un cambio de los sistemas de riego por superficie a sistemas de riego por aspersión (con presión realizada de forma comunada a través de la construcción de estaciones de bombeo). Dicha mejora de la infraestructura de riego ha sido ya declarada de interés general de la nación y, por tanto, es objeto de subvención dentro de las actuaciones del PNR.

Tal mejora de las conducciones y de los sistemas de riego permitirá un ahorro estimado del 20 por ciento de la cantidad de agua destinada al riego (la eficiencia técnica total del sistema tras la modernización se situaría en torno al 80 por ciento), y les supondrá asimismo un coste de 98,50 millones de euros; cantidad ésta que supondrá una inversión final del orden de 10.500 €/ha.

Este plan de modernización planteado para la zona objeto de estudio pone de manifiesto la indivisibilidad de las alternativas tecnológicas; la mejora de la eficiencia técnica del uso del agua no es una variable continua, sino que varía discretamente entre valores concretos, dentro de un reducido conjunto de técnicas de riego alter-

nativas. Para nuestra investigación, conscientes de esta limitación, hemos optado por simular tres alternativas hipotéticas de ahorro de agua, cada una de las cuales supone una mejora concreta de la eficiencia del riego:

- *Tecnología ahorradora del 10 por ciento del agua.* Se trataría, por ejemplo, de una modernización del sistema de distribución al objeto de minorar las pérdidas, pero manteniendo el sistema de riego por superficie. La aplicación de esta alternativa supondría una eficiencia técnica global del 70 por ciento.
- *Tecnología ahorradora del 20 por ciento del agua.* Se trataría de la alternativa planteada en la realidad anteriormente comentada, generando una eficiencia final del 80 por ciento.
- *Tecnología ahorradora del 30 por ciento del agua.* Se trataría esta alternativa basada en las tecnologías más ahorradoras de agua (p.e. riego por goteo), que harían que la eficiencia técnica global alcanzase el 90 por ciento.

A través de estos escenarios de ahorro de agua de riego podrá calcularse la disponibilidad de pago de cada uno de los grupos de agricultores analizados por dichas tecnologías de riego. No obstante, conviene destacar que la adopción de un programa de incentivos al ahorro de agua en los regadíos no es una decisión individual de cada regante, sino una decisión conjunta de toda la Comunidad de Regantes. De este modo, este análisis servirá para analizar la posición de «presión» a favor o en contra de cada grupo homogéneo de productores agrarios ante la posibilidad de mejorar las infraestructuras de riego de la zona regable a la que pertenecen.

5. RESULTADOS

5.1. Ponderación de los objetivos y obtención de la función de utilidad

5.1.1. *Grupo 1: «Agricultores muy conservadores»*

De la resolución de la técnica multicriterio utilizada, se obtienen las ponderaciones de los objetivos considerados. De acuerdo con esto, los agricultores de la CR del Canal del Pisuerga contenidos en el Grupo 1 maximizan el MBT con un peso (W_1) del 12,8 por ciento, minimizan el riesgo (VAR) con un peso (W_2) del 78,1 por ciento y minimizan el endeudamiento necesario para realizar su actividad productiva (K) con una ponderación (W_4) del 9,1 por ciento. En este caso, debe destacarse que la minimización de la mano de obra, como indicador de la maximización del tiempo de ocio y de la complejidad

gerencial, no es un objetivo tenido en cuenta por los regantes de este grupo de la muestra ($W_3=0$). Por ello, la hipótesis inicialmente planteada de consideración del mismo por parte de los agricultores era errónea, descartándose su participación en la función de utilidad multiatributo.

Una vez calculados los pesos, y continuando con la metodología propuesta, se obtiene, a partir de la expresión [2], el siguiente subrogado de la función de utilidad que muestra el comportamiento revelado por los agricultores del Grupo 1:

$$U = 72,7 \text{ MBT} - 0,142 \text{ VAR} - 70,4 \text{ K} \quad [3]$$

5.1.2. Grupo 2: «Grandes agricultores conservadores»

Para el segundo grupo de agricultores, siguiendo con la técnica multicriterio referida previamente, se obtienen las ponderaciones de los objetivos considerados. De este modo, los agricultores de la zona de estudio contenidos en el Grupo 2 maximizan el MBT con un peso (W_1) del 29,9 por ciento y minimizan el riesgo (VAR) con un peso (W_2) del 70,1 por ciento. En este caso, debe destacarse que ni la minimización del endeudamiento ni la minimización de la mano de obra son objetivos tenidos en cuenta por los regantes de este grupo ($W_3=W_4=0$).

Una vez normalizadas las magnitudes que componen la función de utilidad, obtenemos la siguiente expresión de la misma:

$$U = 87,6 \text{ MBT} - 0,003 \text{ VAR} \quad [4]$$

5.1.3. Grupo 3: «Agricultores comerciales»

Para el Grupo 3, la resolución de la técnica multicriterio utilizada proporciona las ponderaciones de los objetivos considerados. De este modo, los agricultores del Grupo 3 maximizan el MBT con un peso (W_1) del 52,9 por ciento, minimizan el riesgo (VAR) con un peso (W_2) del 47,1 por ciento. Al igual que en el caso anterior, la minimización de la mano de obra y del endeudamiento continúan sin ser objetivos tenidos en cuenta por parte de los agricultores a la hora de gestionar su explotación ($W_3=W_4=0$), por lo que se descarta nuevamente su participación en la función de utilidad.

Una vez normalizadas las magnitudes que componen la función de utilidad, se obtiene la siguiente expresión como subrogado del comportamiento de los agricultores de este grupo:

$$U = 23,9 \text{ MBT} - 0,013 \text{ VAR} \quad [5]$$

5.2. Simulación de escenarios

Para la simulación de los escenarios planteados se ha optado por calcular las funciones de demanda de agua de riego en la zona de estudio considerada, una para cada grupo homogéneo analizado.

Estas curvas de demanda son consecuencia de la adaptación de los regantes ante precios crecientes del agua de riego. Para ello, en cada uno de estos escenarios, la simulación diseñada contempla la modelización de las siguientes alternativas de decisión:

- a) El cambio de cultivos más demandantes de agua por otros con menos necesidades hídricas.
- b) El abandono del regadío y la adopción de cultivos de secano.
- c) El abandono total o parcial de la actividad agraria, dejando las tierras sin cultivar.

Cabe destacar que si bien es posible introducir en los modelos la posibilidad de dar riegos deficitarios a los cultivos en regadío analizados, no se ha considerado esta posibilidad dada la baja elasticidad que presentan las correspondientes funciones de producción con respecto al uso del input agua (Nieswiadomy, 1988 y Ogg y Gollehon, 1989). Dicha decisión se ve corroborada por lo puesto de manifiesto en la encuesta realizada donde ésta no es una alternativa contemplada en la realidad por los agricultores. Así, ante un incremento del precio del agua de riego, los agricultores optan por pasarse a cultivos menos demandantes de agua o de secano en vez de dar riegos deficitarios. Esta misma circunstancia ya ha sido analizada por estudios anteriores, como el de Sunding *et al.* (1997) y el de Schuck y Green (2001).

La generación de las curvas de demanda de agua de acuerdo con los anteriores postulados exige la construcción de los correspondientes modelos de simulación. Éstos serán semejantes a los que nos han permitido obtener las matrices de pagos anteriormente referidas, pero modificados en los siguientes aspectos:

- Las funciones a optimizar (maximizar) son las funciones de utilidad anteriormente obtenidas para cada grupo.
- Para el cálculo del margen bruto (MB_i) de cada uno de los cultivos se considera un coste adicional, generado por las tarifas de agua consideradas.
- Se introducen nuevas actividades para posibilitar la modelización de los cultivos de secano realizados en la zona y de la retirada.

Planteados así los modelos, la forma de operar para simular el comportamiento de los agricultores en cada uno de ellos será parametrizar el valor del agua de riego, comenzando con una tarifa de 0 €/m³. Esta tarifa será la que se irá incrementando progresivamente, incorporándose como un coste variable del cultivo. Así se podrá calcular para cada tarifa el plan de cultivo eficiente y, con ello el consumo de agua (curva de demanda de agua de riego).

Este mismo procedimiento, sin mayores alteraciones del modelo original, se realizará para cada uno de los grupos de agricultores analizados, permitiendo así obtener las demandas de agua de cada uno de ellos dentro de su actual situación tecnológica (sin ahorro de agua alguno).

Asimismo, se analizarán los impactos de la aplicación de la DMA en diferentes escenarios de ahorro de agua (ahorros del 10 por ciento, 20 por ciento y 30 por ciento), lo cual exigirá repetir el anterior procedimiento con el fin de conocer las curvas de demanda de los grupos considerados bajo otros supuestos de eficiencia en el uso del recurso. Para ello bastará con modificar en nuestro modelo original el caudal derivado en cabecera. Tal circunstancia se justifica por el hecho de que, a medida que aumenta la eficiencia de riego, será necesario derivar una menor cantidad de agua en cabecera para atender las necesidades hídricas de los cultivos en las explotaciones. El resultado será por tanto la estimación de tres nuevas curvas de demanda para cada uno de los grupos homogéneos analizados, una por cada uno de los escenarios de ahorro de agua planteado.

En este trabajo se asume que la incorporación de tecnología ahorradora de agua no afecta a la variabilidad de márgenes brutos de los cultivos; los incrementos de costes generados (p.e. gastos de bombeo) se compensan con otros ahorros (p.e. de mano de obra). Así, la única diferencia considerada en la modelización es el ahorro corriente inducido por la disminución del pago de tarifas (ahorro en el consumo de agua por su precio). Se trata ésta de una hipótesis altamente restrictiva y, en la mayoría de casos, alejada de la realidad. De hecho, la adopción de una tecnología ahorradora de agua es una decisión privada que se basa, entre otras cosas, en las relaciones relativas de costes. No obstante, dado el objetivo del presente trabajo basado en el desarrollo metodológico, debe considerarse dicha hipótesis como una simplificación del modelo que, en futuras investigaciones debería solventarse considerando verdaderas alternativas de decisión con sus costes diferenciales correspondientes.

Partiendo de esta suposición, y basándose en la metodología multicriterio utilizada, la disponibilidad a pagar (DAP) de los regantes por las diferentes tecnologías ahorradoras de agua de riego se ha estimado a partir de las diferencias existentes entre los niveles de utilidad de los regantes con cada una de ellas y su utilidad en la situación inicial.

En principio, para cualquiera de los escenarios de precios planteados, la utilidad que obtienen los regantes que incorporan tecnologías ahorradoras de agua es siempre superior a la que obtienen aquellos con la tecnología actual. Esto se debe a que al disponer de un agua más barata (es el efecto equivalente que tiene el incremento de la eficiencia técnica), éstos pueden alcanzar un plan de cultivos que mejora el resultado global de su MAUF. De este modo, para cada nivel de precios considerado, se puede calcular la utilidad de la que podría prescindirse en concepto de MBT para conseguir igualar la satisfacción (utilidad) que presenta en cada escenario de ahorro de agua de riego con la utilidad que se alcanza con la situación actual (sin ahorro). Así, finalmente, se obtiene la DAP para cada nivel de precios haciéndola equivalente a la variación (minoración) que experimenta el MBT al pasar de un contexto de ahorro de agua a una situación sin mejoras tecnológicas sin que la utilidad resultante varíe.

Las cuantías así obtenidas como DAP se dimensionan en €/ha y año. Para que esta magnitud permita comparaciones con la magnitud requerida para la realización de las inversiones necesarias con el fin de conseguir ahorros en la cantidad de agua de riego consumida, se realiza la correspondiente capitalización de flujos monetarios. Para ello consideramos que las inversiones de mejora de infraestructuras tienen una vida útil de 25 años y que la DAP se puede actualizar a una tasa del 5 por ciento. Con ello se puede obtener la DAP acumulada por la incorporación de tecnologías ahorradoras de agua.

5.3. Funciones de demanda y disponibilidad a pagar por tecnologías ahorradoras de agua

5.3.1. Grupo 1. «Agricultores muy conservadores»

El gráfico 1 muestra las curvas de demanda que presentan los agricultores del Grupo 1, tanto para la situación actual como en el caso de que se adoptasen las distintas tecnologías de riego propuestas.

Tal como muestra el gráfico 2, se observan una serie de diferencias entre las distintas curvas de demanda de agua de este grupo. En pri-

Gráfico 1

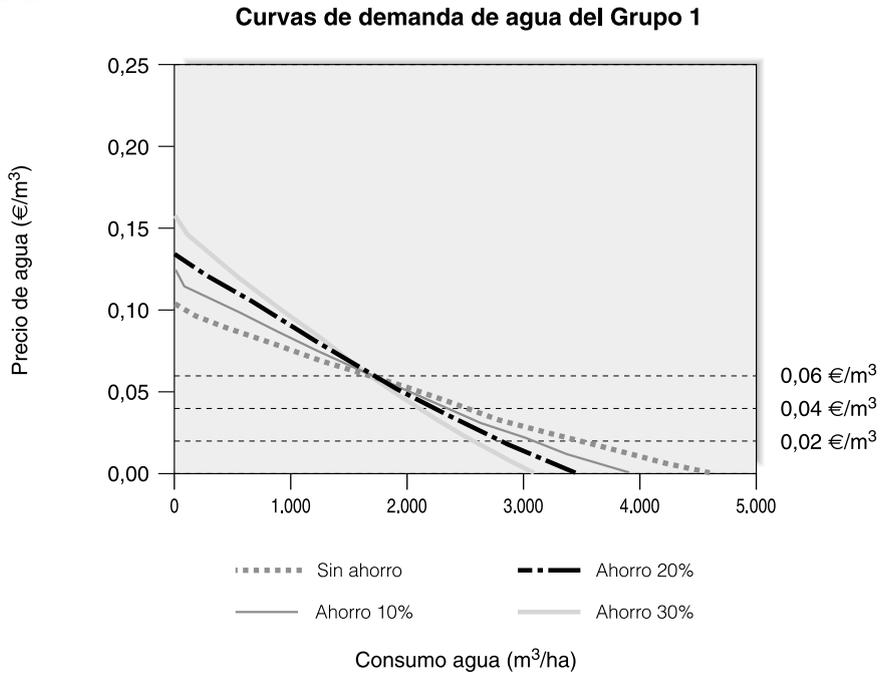
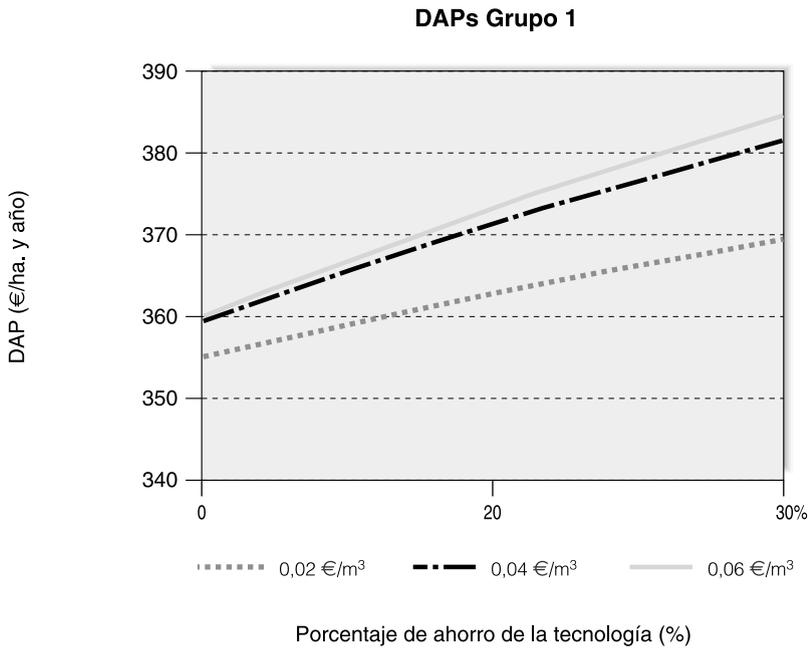


Gráfico 2



mer lugar se puede apreciar que, a medida que las tecnologías de riego consiguen mayores ahorros en la cantidad de agua utilizada, las curvas de demanda se vuelven más inelásticas. Tal circunstancia se explica porque a medida que se introducen sistemas de riego que permiten un uso más eficiente del agua, los agricultores se muestran más reacios a modificar su plan de cultivos ante tarifas crecientes del agua de riego. Este hecho, en último término, se debe al efecto que tienen las tecnologías ahorradoras de agua de abaratar (en términos de costes variables en el corto plazo) el coste del recurso, de tal forma que su precio es menos influyente a medida que aumenta la eficiencia de riego. Este mismo fenómeno se puede apreciar en el resto de grupos homogéneos analizados.

También conviene indicar cómo el consumo de agua en la actualidad de este primer grupo es considerablemente inferior a la dotación con la que cuenta esta zona regable ($8.105 \text{ m}^3/\text{ha}$). Efectivamente, para una tarifa del agua de riego por superficie (coste marginal nulo y, por tanto, precio equivalente a 0 €/m^3), y considerando la infraestructura actual de riego, el consumo de agua de este grupo es de $4.659 \text{ m}^3/\text{ha}$. Esta circunstancia se debe a que son agricultores muy aversos al riesgo, por lo que en sus planes de cultivos predominan cultivos «seguros», que se corresponden con aquellos que tienen menores necesidades hídricas, como es el caso de los cereales de invierno.

No obstante, debe destacarse que, para este mismo nivel del precio del recurso, la cantidad de agua demandada disminuye a medida que se incorporan mejoras tecnológicas en la infraestructura de riego. De este modo, en la situación presente dicha cantidad va disminuyendo a medida que la tecnología de riego consigue mayores ahorros de agua. Así, en caso de un ahorro del 10 por ciento, la demanda de agua alcanza los $3.994 \text{ m}^3/\text{ha}$, mientras que para un ahorro del 20 por ciento, la cantidad de agua demandada ronda los $3.494 \text{ m}^3/\text{ha}$, y para un ahorro del 30 por ciento dicha demanda de agua de riego es de $3.106 \text{ m}^3/\text{ha}$.

La última diferencia a reseñar entre las distintas curvas de demanda es la diferencia en la disponibilidad máxima de pago por el agua de riego. Se aprecia así que, para tecnologías que permiten una mayor eficiencia en el uso del agua, los agricultores son capaces de soportar mayores tarifas del agua. Este comportamiento puede observarse en el gráfico 1, donde los agricultores en la situación actual, sin mejoras en las infraestructuras de riego, presentan una capacidad máxima de pago de $0,10 \text{ €/m}^3$. Dicha capacidad de pago va aumentando a medida que mejora la tecnología de riego utilizada: $0,12$,

0,13 y 0,15 €/m³ para tecnologías que permitan ahorros del 10 por ciento, 20 por ciento y del 30 por ciento de la cantidad de agua utilizada respectivamente.

En el presente trabajo, tal y como se ha comentado con anterioridad, nos centraremos en un escenario de precios del agua de riego que abarca desde los 0,02 €/m³ hasta los 0,06 €/m³, al considerar que éste se aproxima con alta probabilidad al futuro escenario de tarificación que propone la DMA. En este sentido, el cuadro 2 muestra la influencia de estos escenarios sobre el consumo de agua por parte de este primer grupo de agricultores.

Cuadro 2

DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL GRUPO 1 (m³/ha)*

Tecnología de riego	Tarificación suave 0,02 €/m ³	Tarificación media 0,04 €/m ³	Tarificación completa 0,06 €/m ³
Sin ahorro	1.176 (25,2%)	2.227 (47,8%)	3.082 (66,1%)
Ahorro 10%	1.541 (33,1%)	2.336 (50,1%)	2.993 (64,2%)
Ahorro 20%	1.844 (39,6%)	2.453 (52,6%)	2.995 (64,3%)
Ahorro 30%	2.097 (45,0%)	2.577 (55,3%)	3.038 (65,2%)

(*) Entre paréntesis si aparece el porcentaje que supone la disminución del consumo sobre la demanda actual (4.659 m³/ha).

De los resultados de este mismo cuadro se aprecia el importante efecto que tendría por sí sola una política de tarificación del agua sobre el consumo de agua. De hecho, para este grupo homogéneo los ahorros podrían llegar hasta el 66 por ciento para una tarificación *completa*. No obstante, debe apuntarse que esta subida de precios del agua tendría unos efectos económicos (rentas de los agricultores) y sociales (generación de empleo) importantes, tal y como han apuntado estudios anteriores (Varela Ortega *et al.*, 1998; Gómez-Limón y Berbel, 2000 o Cañas *et al.*, 2000). Por este motivo, es interesante apreciar cómo para los precios más bajos dentro del rango considerado, la aplicación complementaria de una política que fomente las tecnologías ahorradoras de agua permitiría mayores disminuciones del consumo de agua de riego sin afectos colaterales tan negativos.

A pesar de lo apuntado, debe señalarse que la aplicación de una tarificación *completa* conseguiría ahorros similares en la cantidad de agua utilizada para todos los escenarios de ahorro analizados, en torno al 65 por ciento del volumen actualmente consumido. Esta circunstan-

cia puede observarse asimismo en el gráfico 1, donde se aprecia un cruce de las curvas de demanda sobre esta tarifa del agua de riego ($0,06 \text{ €/m}^3$). A partir de este punto, para tarifas superiores del agua de riego, se aprecia cómo la mejora de las infraestructuras de riego tan sólo conseguiría aumentar el consumo de agua con respecto a lo que ocurriría con la continuidad de la tecnología actual.

La pregunta clave para saber si estas tecnologías de riego se aplicarán realmente es averiguar si éstas son lo suficientemente atractivas para los agricultores. En definitiva se trata de conocer qué cantidad estarán dispuestos a invertir los agricultores en dichas tecnologías, y si ésta es suficiente para financiar dicha inversión ahorradora de agua. Siguiendo el procedimiento propuesto en el apartado 5.3, el gráfico 2 muestra la DAP obtenida para la implantación de las diferentes tecnologías de riego para el conjunto del Grupo 1. En dicha figura puede observarse que, tal y como predice la Teoría Económica, los regantes estarían dispuestos a pagar una mayor cantidad de dinero a medida que mejora la eficiencia técnica del uso del agua y aumenta el precio del agua. Así por ejemplo, para una mejora que permita ahorros del 20 por ciento en la demanda de agua de riego (alternativa de ahorro realmente en estudio), la DAP aumenta desde los 363 €/ha-año para una tarifa *suave* del agua hasta los 374 €/ha-año cuando el precio del agua alcanza los $0,06 \text{ €/m}^3$. Esto se debe a que, gracias a esta inversión, los agricultores obtendrán un beneficio económico propio derivado del menor consumo de agua en el desarrollo de su actividad (menor cantidad a pagar en concepto de agua).

Para analizar más detalladamente la DAP de los regantes de este primer grupo ante la aplicación de una política incentivadora del ahorro de agua en la zona regable en estudio, nos remitimos al cuadro 3, el cual muestra asimismo las necesidades de inversión pública (subvención) para que ésta sea una realidad. De la información suministrada se concluye que en ningún caso la DAP acumulada sería suficiente para afrontar de forma privada esta inversión (10.500 €/ha), por lo que su ejecución estará supeditada a la existencia de subvenciones públicas (en torno al 50 por ciento del total de la inversión requerida).

5.3.2. Grupo 2. «Grandes agricultores conservadores»

Como resultado de las simulaciones realizadas para el Grupo 2 se obtienen las curvas de demanda de agua de riego que aparecen en el gráfico 3.

Cuadro 3

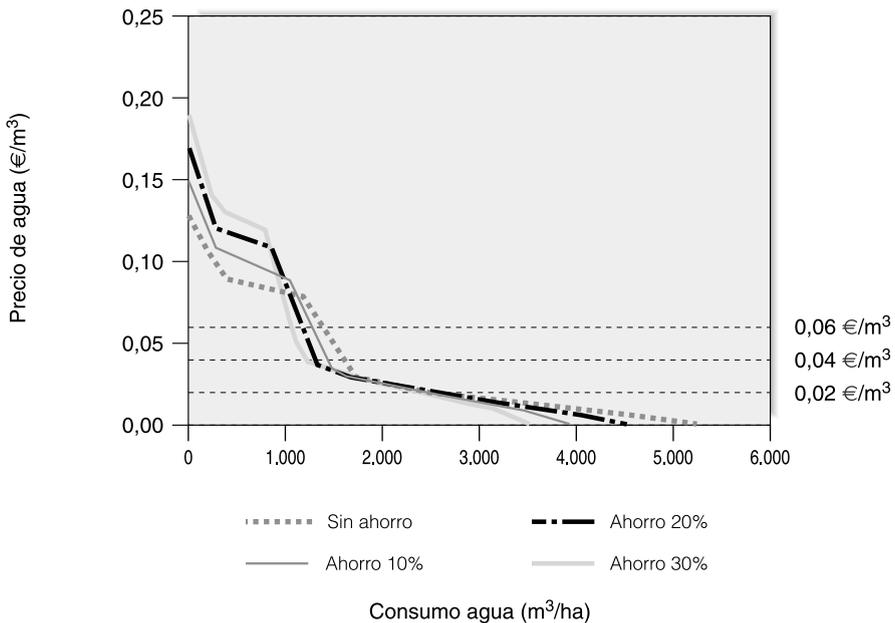
DAP ACUMULADA Y NECESIDAD DE SUBVENCIONES PARA LA POLÍTICA DE INCENTIVO AL AHORRO DE AGUA DE RIEGO ACTUALMENTE EN ESTUDIO (PASO AL RIEGO POR ASPERSIÓN, CON UNA MEJORA DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL 20%)

Precio agua	DAP acumulada (€/ha)	Inversión total (€/ha)	Necesidad subvención pública (€/ha) y (%)*
GRUPO 1			
0,02 €/m3	5.119	10.500	5.381 (51,2%)
0,04 €/m3	5.241	10.500	5.259 (50,1%)
0,06 €/m3	5.265	10.500	5.235 (49,9%)
GRUPO 2			
0,02 €/m3	5.616	10.500	4.884 (46,5%)
0,04 €/m3	5.645	10.500	4.855 (46,2%)
0,06 €/m3	5.722	10.500	4.778 (45,5%)
GRUPO 3			
0,02 €/m3	5.571	10.500	4.929 (46,9%)
0,04 €/m3	5.944	10.500	4.556 (43,4%)
0,06 €/m3	6.244	10.500	4.256 (40,5%)

(*) Entre paréntesis si aparece el porcentaje de subvenciones necesario para financiar el total de la inversión requerida por la política de incentivos al ahorro de agua de riego.

Gráfico 3

Curvas de demanda de agua del Grupo 2



En este gráfico es posible distinguir una serie de tramos elásticos e inelásticos a lo largo de las distintas curvas de demanda estimadas para este segundo grupo homogéneo. Dicho comportamiento de las curvas se explica por el diferente comportamiento de los regantes ante incrementos en el precio del agua de riego. De este modo, los tramos elásticos se corresponden con aquellos escenarios de precios para los cuales los agricultores alteran sensiblemente su plan de cultivos, sustituyendo de forma progresiva los cultivos más demandantes de agua por otros con menos requerimientos hídricos. En concreto, se abandonan progresivamente los cultivos del maíz, los cereales de invierno en regadío y la remolacha en favor de cultivos en secano (cebada y girasol). Por su parte, los tramos inelásticos de las curvas de demanda se corresponden con aquellos rangos de precios del agua de riego para los cuales los agricultores se muestran reacios a modificar su plan de cultivos. Dicho comportamiento provoca que la tarificación en dichos tramos no suponga disminuciones significativas en la cantidad de agua demandada por este grupo de agricultores.

Para este grupo, como en el caso anterior, las diferentes curvas de demanda se cruzan en un intervalo de precios en torno a $0,08 \text{ €/m}^3$. Como antes se apuntó, para niveles de precios superiores, las tecnologías ahorradoras de agua demandarían mayores cantidades del recurso que la tecnología actual. Sin embargo, para este grupo de regantes también hay que destacar el solapamiento de las curvas de demanda para un precio del agua próximo a $0,03 \text{ €/m}^3$, lo cual nos indica que para este nivel de precios, independientemente de cuál sea el ahorro generado por la tecnología de riego, la cantidad consumida por este grupo será también muy similar.

Para este segundo grupo de agricultores es posible apreciar igualmente ciertas diferencias entre las diferentes curvas de demanda. De este modo, puede observarse también cómo, para el precio actual del agua de riego (0 €/m^3), la cantidad de agua demanda disminuye sensiblemente a medida que la tecnología de riego permite usos más eficientes del recurso. Así, para la situación presente, con infraestructuras de riego obsoletas, el consumo de agua de este grupo es de $5.389 \text{ m}^3/\text{ha}$. Esta cantidad, si bien superior a la del Grupo 1, sigue siendo muy inferior a la cantidad de agua disponible (dotación) con la que cuenta esta zona regable, dado el carácter conservador de este grupo de agricultores (elección de planes de cultivos con bajos requerimientos hídricos). En cualquier caso, esta cantidad disminuye hasta los $4.593 \text{ m}^3/\text{ha}$ con tecnologías que permiten ahorros del 10 por ciento y así, de forma progresiva, hasta llegar hasta los 4.019 y los $3.572 \text{ m}^3/\text{ha}$ para tecnologías ahorradoras de agua en un 20 por ciento y un 30 por ciento respectivamente.

Al igual que para el grupo anterior, es destacable la variabilidad existente en la disponibilidad máxima de pago por el agua de riego. De este modo, a medida que aumentan los ahorros conseguidos por la tecnología, los agricultores son capaces de soportar mayores tarifas de agua antes de abandonar el regadío en favor de cultivos de secano. Tal circunstancia puede observarse en el gráfico 3, donde la capacidad máxima de pago varía desde los 0,13 €/m³ que pueden soportar los regantes en la situación actual, hasta los 0,20 €/m³ en una situación donde la tecnología permitiese ahorros del 30 por ciento en la cantidad de agua utilizada.

Un elemento importante a la hora de evaluar la influencia de la tecnología ahorradora de agua en el consumo del recurso realizado por este grupo de agricultores, es calcular la importancia que tendrá la misma en cada uno de los escenarios de tarificación considerados, tal y como señala el cuadro 4.

Cuadro 4

DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL GRUPO 2 (m³/ha)*

Tecnología de riego	Tarificación suave 0,02 €/m ³	Tarificación media 0,04 €/m ³	Tarificación completa 0,06 €/m ³
Sin ahorro	2.794 (51,8%)	3.752 (69,6%)	3.965 (73,6%)
Ahorro 10%	2.823 (52,4%)	3.929 (72,9%)	4.086 (75,8%)
Ahorro 20%	2.866 (53,2%)	4.062 (75,4%)	4.194 (77,8%)
Ahorro 30%	2.954 (54,8%)	4.122 (76,5%)	4.288 (79,6%)

(*) Entre paréntesis aparece el porcentaje que supone la disminución del consumo sobre la demanda actual (5.389 m³/ha).

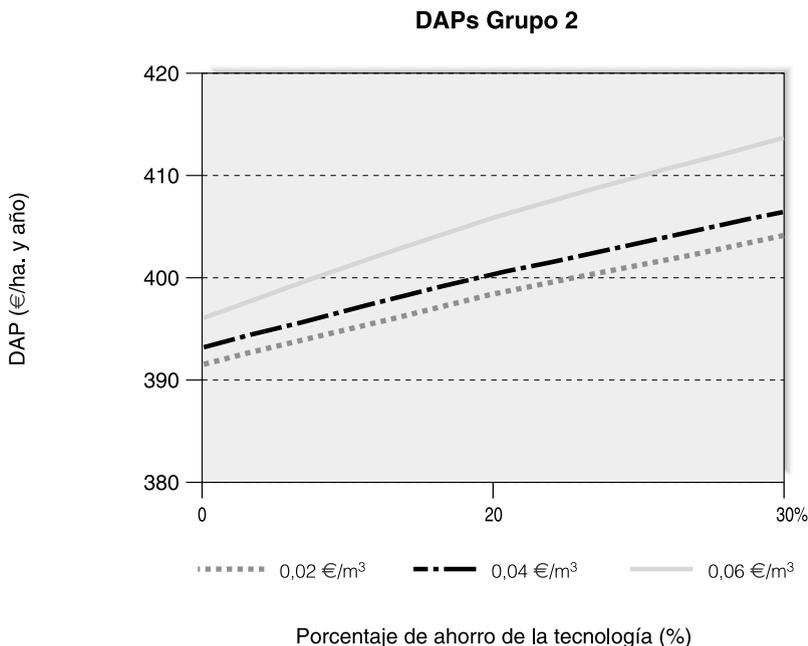
De la información contenida en este cuadro puede observarse cómo la exclusiva aplicación de la tarificación del agua de riego supondría notables ahorros del recurso (51,8 por ciento, 69,6 por ciento y 73,6 por ciento respectivamente para las tres tarifas contempladas). En este sentido cabe destacar la influencia de la elevada elasticidad de las curvas de demanda de agua de riego en la disminución del consumo de agua conseguido a través de la tarificación del recurso. De este modo se observa cómo en los tramos elásticos de las curvas (0,00–0,03 €/m³), el incremento del precio del agua consigue importantes ahorros en la cantidad consumida, al provocar ésto cambios radicales en el plan de cultivos habitual del agricultor. Al contrario en los tramos más inelásticos (0,04–0,06 €/m³), un cam-

bio de la tarifa del agua de riego apenas obtiene ahorros significativos, puesto que la subida del precio no va acompañada de cambios en el plan de cultivos, y por tanto tampoco de variaciones en la cantidad de recursos hídricos consumidos.

Sin embargo, lo más destacable para nuestro estudio es que en este grupo, debido al solapamiento de las distintas curvas antes señalado, la incorporación de nuevas tecnologías de riego no representa ahorros adicionales de importancia.

En cualquier caso, para conocer si estas mejoras tecnológicas serán realmente ejecutadas en la zona regable es necesario conocer la DAP de los agricultores por las mismas. Para ello, el gráfico 4 recoge la actitud de los regantes ante los diferentes escenarios de ahorro de agua y de tarificación del recurso. Tal como se observa, y como era de esperar, los regantes se muestran dispuestos a invertir una mayor suma de dinero a medida que se incrementa el grado de eficiencia en el uso del agua conseguido por las infraestructuras de riego y aumenta el precio del recurso. Efectivamente, para la mejora contemplada en el proyecto de modernización de la zona, que supondrá un ahorro del 20 por ciento en la cantidad consumida por el sector

Gráfico 4



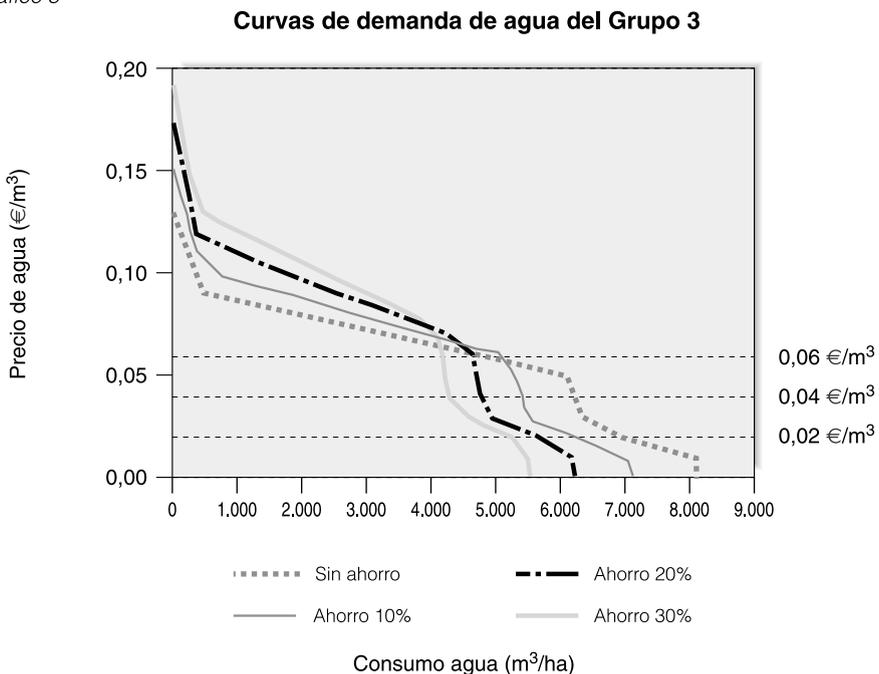
agrícola, se observa que la DAP de los regantes varía desde los 398 €/ha·año hasta los 406 €/ha·año en función de la tarificación aplicada. Esta correlación positiva entre ambas variables se observa asimismo cuando analizamos en términos acumulados dicha disponibilidad de pago, tal como muestra el cuadro 3. No obstante, tal como ocurría en el primer grupo de agricultores analizado, será necesario complementar la aportación de los regantes con subvenciones públicas que cubran el resto de la inversión (en torno al 45 por ciento en función del escenario de precios considerado).

5.3.3. Grupo 3. «Agricultores comerciales»

El gráfico 5 muestra las curvas de demanda de agua que presenta el tercer grupo homogéneo de agricultores analizado, bajo diferentes escenarios de ahorro.

En dicho gráfico también es posible distinguir una serie de tramos elásticos e inelásticos a lo largo de las curvas de demanda estimadas para cada escenario de ahorro de agua, debido a las causas ya apuntadas. Dicho comportamiento, como se apreció para el Grupo 2,

Gráfico 5



tiene una influencia decisiva en los resultados (cantidad de agua demandada en los diferentes escenarios planteados).

Para la tarifa del agua de riego vigente en esta CR (0 €/m³) podemos observar que el consumo de agua rondaría, en una situación como la actual, sin mejoras orientadas al ahorro en las infraestructuras de riego, los 8.105 m³/ha, cantidad que coincide con la dotación de la zona. Efectivamente, este grupo de regantes, al estar caracterizados por su alta ponderación de la maximización del beneficio, consume recursos casi hasta el punto de igualar su precio con su productividad marginal (hasta que la dotación resulta restrictiva). En cualquier caso, tal como muestra el gráfico 3, esta cantidad consumida va disminuyendo a medida que la tecnología de riego consigue mayores ahorros de agua. Así, en caso de un ahorro del 10 por ciento, la cantidad de agua demandada será de 7.103 m³/ha, mientras que para ahorros del 20 por ciento y del 30 por ciento dicha cantidad se reduce a 6.215 y 5.525 m³/ha respectivamente.

Otra diferencia que puede observarse en las curvas de demanda obtenidas para cada escenario de ahorro, se refiere a la máxima disposición de pago de los agricultores por el agua de riego. De este modo, a medida que aumenta la eficiencia de la tecnología utilizada, aumenta dicha capacidad de pago máxima, pasando de 0,13 €/m³, en una situación sin innovación tecnológica, a 0,20 €/m³, cuando la tecnología permite ahorros del 30 por ciento de la cantidad consumida. Comparando estas cantidades con las resultantes en los grupos anteriores, puede observarse que es este Grupo 3 el que presenta una mayor capacidad de pago por el agua. Este hecho es consecuencia directa de la mayor ponderación del objetivo de maximización de beneficio, que hace que la valoración que estos productores realizan del recurso se aproxime a su productividad marginal.

Para un análisis más exhaustivo de los ahorros conseguidos con la aplicación conjunta de una política incentivadora del ahorro de recursos hídricos en los regadíos y de una política de tarificación del agua, podemos observar el cuadro 5.

Tal como puede observarse, la política de tarificación del agua de riego también conseguiría por sí sola importantes disminuciones en la cantidad de agua consumida por este grupo de agricultores, aunque menores que en los grupos 1 y 2. No obstante, para este grupo, el complemento de la tarificación con una política de fomento del ahorro mejoraría sensiblemente sus efectos sobre el consumo de agua, especialmente para las tarifas *suave* y *media*, para las cuales los efectos nocivos sobre las rentas y el empleo son menores. No obstante, tal como puede apreciarse en el gráfico 3, para tarifas del

Cuadro 5

DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL GRUPO 3 (m³/ha)*

Tecnología de riego	Tarifificación suave 0,02 €/m ³	Tarifificación media 0,04 €/m ³	Tarifificación completa 0,06 €/m ³
Sin ahorro	1.192 (14,7%)	1.896 (23,4%)	3.504 (43,2%)
Ahorro 10%	1.863 (23,0%)	2.722 (33,6%)	3.078 (38,0%)
Ahorro 20%	2.435 (30,0%)	3.356 (41,4%)	3.494 (43,1%)
Ahorro 30%	2.892 (35,7%)	3.857 (47,6%)	3.966 (48,9%)

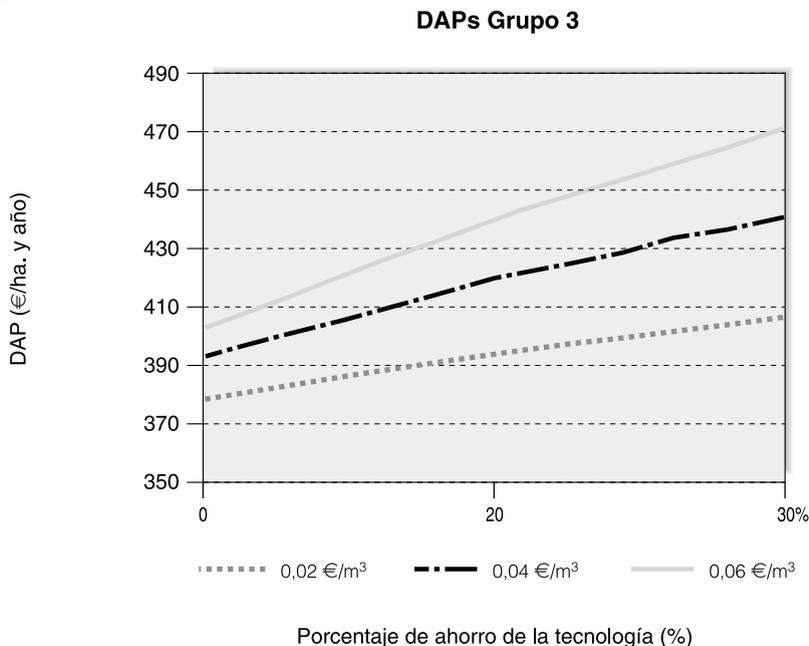
(*) Entre paréntesis aparece el porcentaje que supone la disminución del consumo sobre la demanda actual (8.105 m³/ha).

agua de riego superiores (0,07 €/m³), la incorporación de tecnologías ahorradoras de agua de riego no conseguirá disminuir el consumo por debajo de lo que se conseguiría en una situación como la actual, sin innovación tecnológica. De este modo, para la tarifa del agua más elevada (0,06 €/m³), próxima a la tarifa de cruce de las curvas de demanda ya apuntada, el instrumento económico de una tecnología ahorradora de agua deja de ser tan efectivo para conseguir ahorros adicionales en la cantidad de agua consumida por el sector agrícola.

Para conocer si los agricultores de este grupo estarán dispuestos a implantar las mejoras necesarias para mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego, como en el resto de grupos, se ha de calcular la correspondiente DAP. Para ello nos remitimos al gráfico 6, donde puede verse cómo evoluciona la disponibilidad de pago de los agricultores ante diferentes escenarios de ahorro y de precios del agua, siguiendo la dinámica ya apuntada en casos anteriores. En concreto, para la tecnología de riego que se pretende implantar en la zona de estudio (ahorros de agua del 20 por ciento), podemos observar como dicha disponibilidad de pago varía desde 395 €/ha, cuando la tarifa de agua de riego es de 0,02 €/m³, hasta 443 €/ha cuando se aplica una tarifa de agua de 0,06 €/m³.

Este comportamiento de la DAP puede observarse asimismo en términos acumulados en el cuadro 3, permitiendo la necesaria comparación con la cuantía de la inversión necesaria. En este sentido cabe apuntar asimismo que, al igual que ocurre en el resto de grupos analizados, será necesario complementar la inversión que están dispuestos a realizar los agricultores con subvenciones públicas que cubran el resto de la inversión. Dicha cuantía deberá alcanzar entre el 40 por ciento y el 47 por ciento de la inversión total, para una tarifación de 0,06 y 0,02 €/m³ respectivamente.

Gráfico 6



6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se desprenden del presente trabajo pueden resumirse en los puntos que se presentan a continuación.

En el plano metodológico han de destacarse dos cuestiones fundamentales. En primer lugar, conviene reseñar cómo el estudio económico de zonas regables, a pesar de ser unidades caracterizadas por una gran homogeneidad en sus condiciones edafoclimáticas, de mercado y tecnológicas, presentan una gran heterogeneidad entre sus regantes en cuanto a la forma de tomar sus decisiones productivas. Esta diversidad de comportamientos hace necesario realizar una modelización diferencial para los distintos grupos de agricultores homogéneos, con el objetivo de minimizar los sesgos de agregación que provoca toda modelización conjunta. Para realizar esta clasificación de los regantes en grupos homogéneos la técnica de análisis de grupos puede ser de una gran utilidad.

En segundo lugar, conviene destacar que la mencionada diversidad de comportamientos de los grupos homogéneos definidos con la técnica de análisis de grupos se puede sintetizar a través de la estima-

ción de las correspondientes funciones de utilidad multiatributo. Así, en base a la toma actual de decisiones, se pueden estimar los distintos pesos dados por los productores de cada grupo a los objetivos considerados, y formular así los respectivos subrogados de la utilidad, que se emplean como funciones objetivo en los modelos de simulación planteados. Con ello, el planteamiento basado en MAUT aditivas puede considerarse un instrumento útil para simular de forma independiente el comportamiento de dichos grupos ante la aplicación de una política tarifaria sobre el agua de riego. A través de la misma hemos podido estimar cuál será la DAP de los agricultores por una tecnología de riego ahorradora de agua ante los distintos escenarios de tarificación del recurso, así como la necesidad de subvenciones para su realización.

Ambas consideraciones metodológicas hacen que este estudio presente un enfoque innovador, en la medida que explica el uso del agua por parte de los regantes en un contexto multicriterio, y no sólo como un input generador de productividad, tal y como han venido realizando los estudios empíricos realizados hasta el momento.

La aplicación práctica se ha realizado en una zona regable típica de la cuenca del Duero, claro exponente de la agricultura continental del interior de España, de la cual se han obtenido una serie de resultados que podrían ser extrapolables a otras zonas regables caracterizadas por el bajo valor añadido de sus productos. De los resultados obtenidos se puede concluir que, la aplicación conjunta de una política de tarificación y una política de ahorro de agua en el regadío, consigue ahorros muy significativos en la cantidad de agua utilizada por el sector agrícola para el desarrollo de su actividad. De este modo, para todos los grupos de agricultores analizados, la disponibilidad a pagar por tecnologías de riego ahorradoras de agua aumenta a medida que se incrementa la eficiencia técnica del uso del agua y la tarifa a pagar por el recurso. En concreto, dichos aumentos en la DAP serán más importantes en el caso particular de agricultores con un perfil maximizador del beneficio. Tal circunstancia es razonable, puesto que este tipo de agricultores presenta una mayor ponderación del objetivo de maximización de beneficio, que hace que su valoración de los recursos hídricos se aproxime a su productividad marginal.

Asimismo se aprecia que, para el caso concreto de agricultores aversos al riesgo (grupos 1 y 2), la aplicación de la tarificación como única política de gestión de los recursos hídricos sería suficiente para conseguir el objetivo de disminuir el consumo de agua en el sector

agrícola, por lo que la incorporación de tecnologías de riego no representaría ahorros adicionales de importancia. Dicha reacción es contraria a la de aquellos agricultores maximizadores del beneficio (Grupo 3), para los cuales el complemento de la tarificación con una política de fomento del ahorro de agua mejoraría sensiblemente sus efectos sobre el consumo de agua, especialmente para las tarifas «suave» y «media».

La modernización de las infraestructuras de riego suele ser normalmente un proceso que abarca la totalidad de la zona regable, sin posibilidad de excluir a regantes individuales. Por ello, las diferencias existentes en la disponibilidad a pagar entre los distintos grupos que integran la propia CR puede provocar importantes tensiones internas. Dichos conflictos vienen determinados, en último término, por las diferentes actitudes de los regantes ante los usos del agua y, por tanto, por las diferentes reacciones de los mismos ante la conveniencia o no de modernizar las infraestructuras de riego.

A pesar de la conflictividad que puede originarse en la zona regable, los resultados obtenidos muestran que para que dichas innovaciones tecnológicas sean una realidad, no será suficiente con las inversiones que los regantes están dispuestos a realizar de forma privada, sino que será necesaria una importante política de subvenciones públicas que cubra una parte considerable de los costes que supondrán estas mejoras, tal como propone el PNR. No obstante, a pesar de que dicha modernización conseguirá un aumento de la eficiencia del uso del agua en la zona regable, la eficiencia a nivel de cuenca no sufrirá grandes variaciones (Bielsa y Duarte, 2000). Esta circunstancia infunde dudas sobre los beneficios generados por dichas mejoras del regadío, así como sobre la justificación social de dichas subvenciones. La dificultad de valorar económicamente estos beneficios generados, exigirá a los representantes políticos la realización de valoraciones subjetivas sobre la eficiencia y la equidad de tales políticas y, por tanto, la toma de decisiones oportuna.

BIBLIOGRAFÍA

- AMADOR, F.; SUMPSI, J. M. y ROMERO, C. (1998): «A Non-interactive Methodology to Assess Farmers' Utility Functions: An Application to Large Farms in Andalusia, Spain». *European Review of Agricultural Economics*, 25: pp. 95-109.
- AMIR, I. y FISHER, F. M. (1999): «Analyzing agricultural demand for water with an optimizing model». *Agricultural Systems*, 61: pp. 45-46.
- AMIR, I. y FISHER, F. M. (2000): «Response of near-optimal agricultural production to water policies». *Agricultural Systems*, 64: pp. 115-130.

- BERBEL, J. y GÓMEZ-LIMÓN, J. A. (2000): «The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas». *Agricultural Water Management*, 43: pp. 219-238.
- BERBEL, J. y RODRÍGUEZ, A. (1998): «An MCDM approach to production analysis: An application to irrigated farms in Southern Spain». *European Journal of Operational Research*, 107: pp. 108-118.
- BERNARD, D. J.; WHITTLESEY, K. E.; SAXTON, K. E. y BASSET, D. L. (1988): «Valuing irrigation water: a simulation/mathematical programming approach». *Water Resources Bulletin*, 24: pp. 149-157.
- BIELSA, J. y DUARTE, R. (2000): «La eficiencia técnica de riego: Análisis de las conexiones y la utilidad de sus diversas definiciones». *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 189: pp. 103-118.
- BLANCO, M. (1999): *La economía del agua: análisis de políticas de modernización y mejora de regadíos en España*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- BLANCO, M. (2002): «Análisis de políticas de modernización de regadíos en España: Aspectos económicos e institucionales». *III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*. Sevilla.
- CAÑAS, J. A.; LÓPEZ, M. J. y GÓMEZ-LIMÓN, J. A. (2000): «Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua». *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 188: pp. 67-92.
- CARY, J. W. y HOLMES, W. E. (1982): «Relationships among farmers' goals and farm adjustment strategies: some empirics of a multidimensional approach». *The Australian Journal of Agricultural Economics*, 26: pp. 114-130.
- CARRUTHERS, I. (1990): «Economic and social perspectives on new irrigation technology». *Agricultural Water Management*, 17: pp. 283-294.
- CASWELL, M. y ZILBERMAN, D. (1985): «The choices of irrigation technologies in California». *American Journal of Agricultural Economics*, 67: pp. 224-234.
- CASWELL, M. y ZILBERMAN, D. (1986): «The effects of well depth and land quality on the choice of irrigation technology». *American Journal of Agricultural Economics*, 68: pp. 798-811.
- CHAUDHRY, M. A. y YOUNG, R. A. (1989): «Valuing irrigation water in Punjab province, Pakistan: a linear programming approach». *Water Resources Bulletin*, 25: pp. 1.055-1.061.
- DAY, R. H. (1963): «On aggregating linear programming models of production». *Journal of Farm Economics*, 45: pp. 797-813.
- DINAR, A. y YARON, D. (1990): «Influence of quality and scarcity of inputs on the adoption of modern irrigation technologies». *Western Journal of Agricultural Economics*, 15: pp. 224-233.
- DINAR, A. y ZILBERMAN, D. (1994): «Economía de las tecnologías modernas de riego: lecciones de la experiencia israelí». *Revista de Estudios Agrosociales*, 167: pp. 155-183.
- DYER, J. S. (1977): «On the Relationship Between Goal Programming and Multiattribute Utility Theory». *Discussion paper*, 69, Management Study Center. Los Angeles: Universidad de California.

- EDWARDS, W. (1977): *Use of Multiattribute Utility Measurement for Social Decision Making*, en D.E. Bell, R.L. Keeney y H. Raiffa (eds.): *Decisions*. Chichester: John Wiley & Sons.
- ESCARTÍN, C. M. y SANTAFÉ, J. M. (1999): *Análisis previo para la evaluación del coste del agua en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- FARMER, P. C. (1987): «Testing the Robustness of Multiattribute Utility Theory in an Applied Setting». *Decision Sciences*, 18: pp. 178-193.
- FAO (1997): *Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options*. FAO/RAP publication: 1997/22, Water Report 12, Bangkok (Tailandia).
- FEDER, G. (1980): «Farm size, risk aversion and the adoption of new technology under uncertainty». *Oxford Economic Papers*, 32: pp. 263-283.
- FERNÁNDEZ, E. y ARIAS, C. (2000): «La demanda de tecnología ahorradora de agua en la agricultura de regadío». VI Conferencia Internacional del seminario permanente de Ciencia y Tecnología del Agua. Valencia.
- GASSON, R. (1973): «Goals and values of farmers». *Journal of Agricultural Economics*, 24: pp. 521-537.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. y BERBEL, J. (1995): «Aplicación de una metodología multicriterio para la estimación de los objetivos de los agricultores del regadío cordobés». *Investigación Agraria: Economía*, 10: pp. 103-123.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. y BERBEL, J. (2000): «Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study». *Agricultural Systems*, 63: pp. 49-72.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; ARRIAZA, M. y BERBEL, J. (2002): «Conflicting implementation of agricultural and water policies in irrigated areas in the EU». *Journal of Agricultural Economics*, 53: pp.4-27.
- HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R. B. M. y ANDERSON, J. R. (1997): *Coping with Risk in Agriculture*. Oxon, UK: CAB International.
- HARPER, W. H. y EASTMAN, C. (1980): «An evaluation of goal hierarchies for small farm operations». *American Journal of Agricultural Economics*, 62: pp. 742-747.
- HAZELL, P. B. R. y NORTON, R. D. (1986): *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. New York: MacMillan Publishing Company.
- HOOKE, M. A. y ALEXANDER, W. E. (1998): «Estimating de demand for irrigation water in the Central Valley of California». *Journal of the American Water Resources Association*, 34: pp. 497-505.
- HOUSMANN, J. A. (1979): «Individual discount rates and the purchase and utilization of energy using durables». *Bell Journal of Economical Management*, Spring: pp. 33-54.
- HUFFAKER, R. y WHITTLESEY, N. (2000): «The allocative efficiency and conservation potential of water laws encouraging investments in on-farm irrigation technology». *Agricultural Economics*, 24: pp. 47-60.
- HUFFMAN, W. E. (1977): «Allocative efficiency: The role of human capital». *Quarterly Journal of Economics*, 91: pp. 59-79.
- HUIRNE, R. B. M. y HARDAKER, J. B. (1998): «A multi-attribute model to optimise sow replacement decisions». *European Review of Agricultural Economics*, 25: pp. 488-505.

- JARVIS, L. S. (1981): «Predicting the diffusion of improved pastures in Uruguay». *American Journal of Agricultural Economics*, 63: pp. 495-502.
- JOHANSSON, R. C. (2000): *Pricing irrigation water: a literature survey*. Washington: The World Bank.
- KEENEY, R. L. y RAIFFA, H. (1976): *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade Offs*. New York: John Wiley & Sons.
- KLIEBENSTEIN, J. B.; BARRETT, D. A.; HEFFERMAN, W. D. y KIRTLEY, C. L. (1980): «An analysis of farmers' perceptions of benefit received from farming». *North Central Journal of Agricultural Economics*, 2: pp. 131-136.
- KRINNER, W. (1995): *Influencia de los aspectos de organización y gestión de los sistemas de riego*. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- KULSHRESHTHA, S. N. y TEWARI, D. D. (1991): «Value of water in irrigated crop production using derived demand functions: a case study of South Saskatchewan River irrigation district». *Water Resources Bulletin*, 27: pp. 227-236.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2001): *Plan Nacional de Regadíos*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- NAREDO, J. M. y GASCÓ, J. M. (1994): *Spanish Water Accounts*. OECD. Environmental Policy Committee (ENV/EPOC/SE/A(94)2). Paris.
- NIESWIADOMY, M. (1988): «Input substitution in irrigated agriculture in the High Plains of Texas 1970-80». *Western Journal of Agricultural Economics*, 13: pp. 63-70.
- OGG, C. W. y GOLLEHON, N. R. (1989): «Western irrigation response to pumping costs: A water demand analysis using climatic regions». *Water Resources Research*, 25: pp. 767-773.
- PATRICK, F. y BLAKE, B. F. (1980): «Measurement and Modelling of Farmers' Goals: An Evaluation and Suggestions». *Southern Journal of Agricultural Economics*, 1: pp. 23-56.
- PUTLER, D. S. y ZILBERMAN, D. (1988): «Computer use in agriculture: Evidence from Tulare county, California». *American Journal of Agricultural Economics*, 70: pp. 790-802.
- RAHM, M. R. y HUFFMAN, W. E. (1984): «The adoption of reduced tillage: The role of human capital and others variables». *American Journal of Agricultural Economics*, 66: pp. 405-413.
- SEGURA, R. (1997): «Reflexiones y estimaciones sobre el coste del agua de riego». XV Congreso Nacional de Riegos. Lleida.
- SCHUCK, E. C. y GREEN, G. P. (2001): «Field attributes, water pricing, and irrigation technology adoption». *Journal of Soil and Water Conservation*, 56: pp. 293-298.
- SMITH, B. y CAPSTICK, D. F. (1976): «Establishing priorities among multiple management goals». *Southern Journal of Agricultural Economics*, 2: pp. 37-43.
- SUMPSI, J. M.; AMADOR, F. y ROMERO, C. (1993): «A Research on The Andalusian Farmers' Objectives: Methodological Aspects and Policy Implications». VIIth EAAE Congress, Stresa, Italia.

- SUMPSI, J. M.; AMADOR, F. y ROMERO, C. (1997): «On Farmers' Objectives: A Multi-Criteria Approach». *European Journal of Operational Research*, 96: pp. 64-71.
- SUMPSI, J. M.; GARRIDO, A.; BLANCO, M.; VARELA, C. e IGLESIAS, E. (1998): *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- SUNDING, D.; ZILBERMAN, D.; HOWITT, R.; DINAR, A. y MACDOUGALL, N. (1997): «Modelling the impacts of reducing agricultural water supplies: Lessons from California's Bay/Delta problem» en D. Parker y J. Tsur (eds.): *Decentralization and coordination of water resource management*. New York: Kluwer.
- TISDELL, J. G. (1996): «The price of irrigation water». *Economic Analysis and Policy*, 26: pp. 95-104.
- VARELA-ORTEGA, C.; SUMPSI, J. M., GARRIDO, A.; BLANCO, M. e IGLESIAS, E. (1998): «Water pricing policies, public decision-making and farmers response. Implications for water policy». *Agricultural Economics*, 19: pp. 193-202.
- WICHELNS, D. (2002): «An economic perspective on the potential gains from improvements in irrigation water management». *Agricultural Water Management*, 52: pp. 233-248.

RESUMEN

Políticas de tarificación y de ahorro de agua en el regadío. Análisis de su aplicación conjunta

La Directiva Marco de Aguas, aprobada en el año 2000, obliga a todos los Estados miembros de la Unión Europea a introducir una política de precios del agua. Por ello se prevé que los subvencionados cánones y tarifas de riego pagados actualmente por superficie regada cambien por tarifas volumétricas mucho más elevadas. En este sentido, el objetivo del presente trabajo consiste en desarrollar una metodología que permita analizar el impacto que tendría una política de precios del agua de riego sobre la demanda de tecnologías ahorradoras de agua. Para ello se utilizan modelos de programación matemática basados en la Teoría de la Utilidad Multiatributo. Esta metodología se aplica de forma piloto en una zona regable de Castilla y León. Los resultados ponen de manifiesto la disparidad de la disposición a pagar por nuevas tecnologías de riego entre los diferentes tipos de agricultores, siendo menor a medida que presentan un perfil más conservador (menor ponderación del objetivo de maximización del beneficio).

PALABRAS CLAVE: Regadío, tarificación, modernización del riego, análisis multicriterio, clusters.

SUMMARY

Irrigation water pricing and water conservation policies. A conjoint analysis on irrigated areas

European water policy, as set out in the Water Framework Directive (WFD), requires all EU Member States to implement volumetric water pricing at rates that roughly cover the total costs of providing water services. The objective of this paper is to develop a methodology that, for the different farm-types in an irrigable area, will enable us to analyse the differential impact that a pricing policy for irrigation water would have on the demand of new irrigation technologies. For this purpose, Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) mathematical programming models have been used. The methodology is implemented on a representative area in the Duero Valley in Spain. Our results show the usefulness of differential analysis in evaluating the impact of a water pricing policy. This allows significant differences in the willingness to pay for new irrigation technologies in the various groups of farmers, being smaller as they present a more conservative profile (smaller weighting of profit maximization objective).

KEYWORDS: Irrigation, water pricing, water conservation, multi-criteria analysis, clusters.