

Mercados locales de agua de riego. Una modelización multicriterio en el Bajo Guadalquivir

JOSÉ A. GÓMEZ-LIMÓN RODRÍGUEZ (*)

MANUEL ARRIAZA BALMON (**)

1. INTRODUCCIÓN

El régimen jurídico y administrativo actualmente vigente en España en relación al agua se caracteriza principalmente por considerar este recurso natural como un bien perteneciente al dominio público; es decir, de propiedad estatal. Por ello, en principio, el agua no se puede ni comprar ni vender.

Para su empleo, especialmente en sus usos agrarios, el Estado ha establecido un sistema de concesiones que permite a los regantes disfrutar de cantidades determinadas del recurso de forma totalmente gratuita. Normalmente estas concesiones no se establecen a título individual, sino que se fijan para un conjunto de usuarios; las denominadas Comunidades de Regantes (CRs). Son éstas las encargadas de la organización y gestión directa del uso del agua concedida para sus comuneros: distribución interna, mantenimiento de la red local, guardería, administración, etc. El coste de esta gestión interna corre a cargo de los propios regantes.

También debemos señalar que, desde principios de siglo, el Estado ha seguido una política expansiva de regadíos como forma de desarrollo de zonas rurales. Así, tanto a petición de los propios agricultores como por propia iniciativa pública, se han venido realizando obras públicas en materia de embalses y canalizaciones, al objeto de ofertar agua para riego allí donde las condiciones lo permitían. La financiación de estas obras ha sido mixta. Si bien el Estado proyecta

(*) Dpto. Economía Agraria. ETSIIAA Palencia. Universidad de Valladolid.

(**) Dpto. Economía Agraria. CIFA Córdoba. Junta de Andalucía.

- Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 188, 2000 (pp. 135-164).

y ejecuta las obras, son los regantes beneficiados los que deben pagar durante la explotación del proyecto una parte de los gastos de amortización, y el mantenimiento y la gestión administrativa de la distribución en cabecera (hasta las CRs). Estas cantidades, denominadas por la normativa vigente como «tarifa de riego» y «canon de regulación», son recaudadas por la Administración pública encargada de estas obras de infraestructura (Confederaciones Hidrográficas) entre los propios comuneros.

Tradicionalmente, el pago de los gastos propios de las CRs y del canon de riego ha hecho pensar a los regantes que «el agua es suya, porque ellos la pagan». Sin embargo, hemos de reiterar la propiedad pública del bien y su gratuidad; los regantes sólo pagan una pequeña parte de los costes originados de la canalización del agua hasta sus explotaciones.

Para un tratamiento en profundidad del régimen administrativo y económico del agua de riego en España, el lector interesado puede remitirse, entre otros autores, a Abril (1986), Álvarez-Rico *et al.* (1998), Embid (1996), López (1993) y Sumpsi (1986).

Esta tradición administrativa del agua, concretada a través de políticas de oferta, sobre todo inversiones en infraestructuras hidráulicas, ha ido dando sus frutos. Así, en los últimos cincuenta años, se han puesto en riego más de 1.800.000 ha en nuestro país. En la actualidad el regadío en España lo componen en torno a 3,5 millones de ha, suponiendo casi el 19 por ciento de la SAU nacional. Con esta participación en la superficie agraria, el regadío produce el 60 por ciento de la producción agrícola y emplea a más de 500.000 personas (la productividad media del regadío es 7-8 veces superior al secano). Como contrapunto a esta importancia económica y social en el ámbito rural nacional, es necesario indicar que la actividad agraria consume el 80 por ciento del total del agua consumida a nivel estatal.

Las sucesivas sequías acaecidas en los últimos años y los incrementos constantes de la demanda de agua, han puesto claramente de manifiesto la creciente escasez relativa de este recurso en España, a la vez que las limitaciones del marco normativo. Efectivamente, España ha entrado en una situación de economía madura del agua, en la cual las políticas de oferta tradicionales ya no pueden resolver los problemas como lo hacían anteriormente. Así, la existencia de dificultades políticas (presiones de colectivos ecologistas) y financieras (costes marginales crecientes de las obras de regulación), impiden seguir aumentando indefinidamente la oferta de agua. Por tanto, ha llegado el momento de comenzar a aplicar políticas de demanda, tanto

de tarificación como de mercados de agua, como formas más eficientes de asignación de este nuevo recurso económico (para una revisión completa de políticas de gestión de agua en agricultura se recomienda a Sumpsi *et al.*, 1998).

Por estos motivos, y tras un intenso debate social y político, se ha aprobado recientemente una reforma de la Ley de aguas. Este cambio normativo, entre sus puntos más destacados, plantea una flexibilización del régimen concesional. Así, como instrumento para permitir una correcta asignación de recursos escasos a los usos económicos y socialmente óptimos, se pretenden introducir la posibilidad de contratos entre particulares, a través de los cuales se puedan ceder derechos a usar el agua. En definitiva, se trata de la posibilidad de establecer mercados secundarios o derivados de agua (a partir de ahora, simplemente «mercados de agua»), donde los regantes con concesión de recursos hídricos puedan, bien consumirlos en su explotación, bien cederlos por un precio a terceros. En la mayoría de los casos, la inexistencia de infraestructuras adecuadas de transporte (trasvases) y/o los elevados costes de transacción provocarán que estos mercados sean en su mayoría locales (entre regantes de una misma CR).

Dentro de este ambiente de debate suscitado por la nueva reforma, el objetivo principal de esta investigación es plantear una metodología para la modelización de hipotéticos mercados locales de agua de riego. Para ello se desarrolla una metodología multicriterio basada en el diferente comportamiento que tienen los agricultores en cuanto a la toma de decisiones productivas en sus explotaciones (planes de cultivo) y, por tanto, en el uso de insumos agrarios, entre los que destaca el agua.

Esta metodología se pone en práctica en un sistema agrario de regadío concreto, como es la Comunidad de Regantes del Bajo Guadalquivir (Sevilla).

2. METODOLOGÍA

Una revisión completa de trabajos científicos sobre mercados de agua y otros temas relacionados con la economía del agua puede encontrarse en Garrido (1995a) y Sumpsi *et al.* (1998).

Aquí tan sólo quisiéramos reseñar aquellos más directamente relacionados con esta investigación, como son los estudios hipotéticos de mercados de aguas. La práctica totalidad de los mismos se ha realizado sobre sistemas de regadío de los Estados Unidos. Entre ellos pueden destacarse los de Weinberg *et al.* (1993), para el californiano

valle de San Joaquín; el de Booker y Young (1994), para el río Colorado, o el de Fischer *et al.* (1995) para una zona de la bahía de San Francisco. Igualmente de interés es el trabajo de Becker (1995), que analiza un hipotético mercado de agua en el ámbito agrario en Israel. La mayoría de ellos apuntan como principal resultado la ganancia de eficiencia económica por la implantación de esta política descentralizada de asignación de recursos hídricos.

A nivel nacional, merece la pena destacar el trabajo sobre mercados del agua de carácter práctico de Garrido (1995b y 1998). Este autor aplica un modelo matemático basado en la programación matemática positiva no lineal para la simulación de mercados en el valle medio del Guadalquivir, concluyendo que la aplicación de este tipo de política de demanda supondría mejoras moderadas en la eficiencia en el uso del recurso.

Si bien todos los estudios antes comentados deben considerarse precursores del presente trabajo, la mayor aportación de la investigación aquí presentada es metodológica, desarrollando como novedad una modelización de estos mercados de agua a través de técnicas de programación multicriterio. Efectivamente, la totalidad de los estudios anteriores plantean como hipótesis de partida, siguiendo la hipótesis clásica, unos productores agrarios maximizadores del beneficio, los cuales emplean o no (venden) el agua en función de la productividad que ésta genera en sus explotaciones, según la base edafoclimática con la que cuentan.

Nuestro planteamiento, por el contrario, se separa del anterior enfoque y plantea como punto de inicio que el uso del agua como insumo agrario depende básicamente de cómo ésta contribuye a alcanzar el conjunto de objetivos considerados por los productores. Así, en nuestro estudio se supone que el uso o no (venta) del agua por los regantes se realiza en función de la utilidad multiatributo que este factor productivo le aporta, considerando para ello los diferentes objetivos que estos agricultores pretenden alcanzar.

Existen ya numerosos estudios que demuestran cómo los productores agrarios no se ajustan por completo al principio de maximización del beneficio propuesto por la Teoría Económica clásica. Entre ellos, podemos señalar los trabajos de Amador *et al.* (1998), Berbel y Rodríguez (1998), Cary y Holmes (1982), Gasson (1973), Gómez-Limón y Berbel (1995), Herath (1981), Patrick y Blake (1980) o Sumpsi *et al.* (1993 y 1997). Considerando, por tanto, la existencia de objetivos múltiples en el proceso de decisión de los agricultores, nos ha parecido adecuado enfocar la simulación de los mercados del

agua dentro del paradigma de la Teoría de la Decisión Multicriterio. En esta línea, se ha optado por calcular las funciones de utilidad multiatributo de los distintos agentes que pueden operar en el hipotético mercado como herramienta válida para el análisis.

La Teoría de la utilidad multiatributo (MAUT) tiene por objeto reducir los problemas de decisión en contexto multicriterio a través de una función de utilidad cardinal, expresión matemática capaz de ordenar las alternativas de acuerdo con un criterio único (valor alcanzado por la función de utilidad). Sin embargo, este enfoque tan atractivo cuenta como mayor inconveniente la estimación de tales funciones de utilidad.

Normalmente, en contexto multiatributo, se ha optado por calcular funciones de utilidad aditivas, especialmente en el ámbito agrario, cuando uno de los criterios considerados es el riesgo. 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. Como los diferentes atributos están medidos en diferentes unidades, se requiere la normalización correspondiente. Matemáticamente resultaría:

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad i = 1, \dots, m$$

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

Fishburn (1982) expone los requerimientos matemáticos necesarios para suponer una función de utilidad aditiva. Desde un punto de vista práctico, dos son las condiciones que deben satisfacerse (Hardaker *et al.*, 1997). Primero, que los atributos integrantes de la función deben ser preferentemente independientes o, lo que es lo mismo, que el nivel de un criterio no afecte la preferencia entre otros dos criterios. Segundo, que el valor de utilidad de un criterio debe ser independiente del nivel de otro.

Aunque estas condiciones pueden llegar a ser realmente restrictivas, Edwards (1977) y Farmer (1987) han demostrado que la función aditiva permite una aproximación sumamente cercana a la función de utilidad verdadera, incluso cuando las anteriores condiciones no son satisfechas. En palabras de Hwang y Yoon (1981, p. 103), «la teoría, cómputos de simulación y la experiencia sugieren que el método adi-

tivo permite acercamientos sumamente próximos a formas no lineales mucho más complicadas, mientras que las primeras son mucho más fácil de usar y comprender».

Teniendo en cuenta estas consideraciones de partida, la metodología seguida en el presente estudio puede sintetizarse en los siguientes tres puntos.

2.1. Cálculo de la función de utilidad multiatributo

Para este propósito hemos optado por emplear la denominada Programación por Metas Ponderadas (WGP). Esta metodología, que a continuación desarrollaremos brevemente, ha sido anteriormente empleada con éxito en diversos estudios, en concreto por Sumpsi *et al.* (1993 y 97), Amador *et al.* (1998), Gómez-Limón y Berbel (1995) y Gómez-Limón *et al.* (1996). Nos remitimos a ellos para cualquier consulta en relación a la misma.

Esta metodología tiene como mayor ventaja que no requiere interacción con el/los productor/es, por lo que la función de utilidad se establece fijándose únicamente en el plan de cultivo actual elegido por el/los mismo/s. Así, para cada uno de los regantes analizados en nuestra muestra, se han seguido los siguientes pasos:

1. Se define matemáticamente cada atributo i (f_i), como una función del vector de decisiones x (área dedicada a cada cultivo); $f_i = f_i(x)$. Estos atributos se proponen de forma apriorística, como posibles objetivos tenidos en cuenta por los productores a la hora de tomar sus decisiones de cultivo.

Para nuestro estudio, como objetivos capaces de explicar el comportamiento de los agricultores, se proponen: a) la maximización del margen bruto (MB), como indicador del beneficio en el corto plazo, y b) la minimización del riesgo, cuantificado en este caso como el valor de la varianza total. Así, el riesgo total se cuantifica como $x' \cdot [Cov] \cdot x$, donde $[Cov]$ es la matriz de varianza-covarianza del margen bruto de los cultivos considerados a lo largo del período analizado (1993-1997), y x es el vector de áreas de cultivo.

2. Se obtiene la matriz de pagos. El elemento f_{ij} de esta matriz es el valor del objetivo i cuando el objetivo j es optimizado. Para evitar soluciones cero (actividad de cultivo nula) cuando se minimiza el riesgo, se fuerza en el modelo a que se cultive toda la superficie, ya que los agricultores no consideran el barbecho como opción para disminuir el riesgo.

3. Se resuelve el sistema de $1+q$ (número de objetivos) ecuaciones siguientes:

$$\sum_{j=1}^q w_j f_{ij} = f_i \quad i = 1, 2, \dots, q \quad \text{y} \quad \sum_{j=1}^q w_j = 1$$

donde las w_j las ponderaciones de los distintos objetivos, son las incógnitas, f_{ij} son los elementos de la matriz de pagos y f_i los valores alcanzados en la realidad por los objetivos, calculados en función de la distribución de cultivos actual.

4. Si, como normalmente ocurre, el anterior sistema no tiene solución real positiva, es decir, no ofrece como resultados un conjunto de w (pesos de cada objetivo), se resuelve el siguiente programa lineal donde se minimiza la suma de las variables de desviación:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^q \frac{n_i + p_i}{f_i} \quad \text{sujeto a:}$$

$$\sum_{j=1}^q w_j f_{ij} + n_i - p_i = f_i \quad i = 1, 2, \dots, q \quad \text{y} \quad \sum_{j=1}^q w_j = 1$$

Dyer (1977) ha demostrado que los pesos obtenidos en la etapa 4 son consistentes con la siguiente expresión de función de utilidad separable y aditiva: $U = \sum_{i=1}^q \frac{w_i}{k_i} f_i(x)$; donde k_i es un factor normalizador (p.e. la diferencia entre el valor máximo y mínimo del objetivo i en la matriz de pagos).

En este sentido, debe señalarse que nuestro objetivo fundamental aplicando esta metodología multicriterio se puede resumir como sigue: dado un conjunto de objetivos definidos *a priori* como los más importantes para los agricultores de la zona en estudio, se quiere definir el peso relativo de cada uno de ellos, de manera que se explique el comportamiento real de dichos productores agrarios. Lo que se persigue con nuestro estudio no es otra cosa que calcular una función de utilidad subrogada para cada agricultor seleccionado en el muestreo.

Como operar con tantas funciones de utilidad como agricultores encuestados (65) resulta inoperante, se propone la formación de grupos homogéneos. La clave tipificadora elegida para ello ha sido el tamaño de explotación, considerando tres grupos: pequeños (5-10 ha), medianos (10-20 ha) y grandes (>20 ha) productores. Para cada uno de ellos se podrán calcular las correspondientes funciones de

utilidad, representativas del comportamiento de los productores que conforma el grupo. Así, los pesos de los objetivos en la función de utilidad de un grupo serán calculados como la media de los pesos en porcentaje que cada agricultor del grupo asigna a cada objetivo y normalizados con el rango de los valores extremos de cada objetivo de una finca de tamaño medio.

Dichas funciones de utilidad serán las que nos permitan realizar posteriormente la simulación, para la obtención de las curvas de demanda de agua.

2.2. Estimación de las funciones de demanda por grupos homogéneos de regantes

La segunda fase de la metodología es simular las curvas de demanda de agua de riego en la zona de estudio para cada uno de los grupos de agricultores considerados. Para ello se empleará un modelo similar al que se había planteado hasta ahora para el cálculo de los pesos de los objetivos, incorporando las siguientes tres diferencias:

1. Las funciones a optimizar (maximizar), para cada grupo considerado de agricultores, son las funciones de utilidad anteriormente obtenidas.
2. Para el cálculo del margen bruto de cada uno de los cultivos (MB_i) consideraremos un coste extra; el generado por el precio del agua considerado en cada escenario.
3. Introducimos nuevas actividades para posibilitar la modelización de los cultivos de secano (trigo y girasol), como posibles alternativas en un panorama de precios del agua crecientes.

Planteado así el modelo, la operativa para simular el comportamiento de los agricultores será parametrizar el valor del agua de riego, comenzando con precio de 0 pta/m³, tal y como es actualmente. Este precio se irá incrementando progresivamente, incorporándose como un coste variable del cultivo. Así podremos calcular para cada precio el plan de cultivo eficiente, y con ello el consumo de agua (curva de demanda de agua de riego), la renta y el empleo generado (para una aplicación práctica de esta parametrización véase Gómez-Limón y Berbel, 2000).

2.3. Simulación de mercados intracomunitarios de agua de riego

Generada la curva de demanda de agua de cada uno de los grupos de productores implicados, es fácil obtener la curva de *demanda total*

de la CR mediante la correspondiente agregación.

La *oferta* de agua viene normalmente determinada por factores exógenos. De este modo, las precipitaciones en el año anterior y el stock de agua embalsada son los elementos que permiten a las juntas de desembalse establecer las dotaciones de agua de las CRs para la campaña de riego. Se trata, por tanto, de una función de oferta perfectamente rígida en el corto plazo.

Según el régimen de concesión existente, todos los regantes cuentan en principio con una misma cantidad de agua por ha. No obstante, en el caso de existir un mercado local de agua, los regantes podrían actuar como agentes en dicho mercado; éstos podrán actuar igualmente como oferentes o demandantes de agua, en función del uso que hagan de la misma en su explotación (dependiendo de la forma en que tomen sus decisiones productivas).

Al tratarse de mercados locales, los costes de transacción, en principio, no deben ser excesivos. Para simplificar, sin embargo, los consideraremos nulos para este estudio.

Si este mercado reuniese condiciones de competencia perfecta (piénsese por ejemplo en una «bolsa» de agua gestionada mediante subastas periódicas y públicas en el seno de la CR), habría transacciones de agua hasta llegar a la situación de equilibrio, que se correspondería con la intersección de la oferta rígida de agua con la curva de demanda del conjunto de la Comunidad. Este equilibrio se alcanzaría para un determinado precio del agua (P_e), al cual se realizan las transacciones.

Teniendo en cuenta este punto de equilibrio del mercado, y relacionándolo con la estructura de las curvas de demanda parciales de los diferentes grupos de regantes de la CR, puede conocerse el origen y el destino del agua intercambiada. De esta manera se puede analizar qué agentes (grupo) son los oferentes de agua; aquellos que para una cantidad dada de agua por ha, su utilidad marginal sea inferior al P_e . Igualmente podrán estudiarse los demandantes del recurso (aquellos que tienen una utilidad marginal del agua superior al P_e).

3. ÁREA DE ESTUDIO

La metodología anteriormente expuesta será aplicada a la Comunidad de Regantes de El Bajo Guadalquivir (54.050 ha), ubicada en la provincia de Sevilla.

La zona de estudio tiene un típico clima mediterráneo, con largos veranos, cálidos y secos, e inviernos cortos, frescos y húmedos. La

pluviometría media anual está en torno a los 500 mm, y la temperatura media es de 19,2° C. De norte a sur, pueden encontrarse diferentes tipos de suelos, aunque sus cualidades agronómicas no difieren en exceso. En cuanto a la distribución de cultivos, predominan los herbáceos, y en especial el algodón, el girasol y los cereales. Una relación cuantitativa de los mismos puede contemplarse en el Cuadro 1.

Cuadro 1

DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS EN EL BAJO GUADALQUIVIR

	1995/96	1996/97	1997/98
Algodón	37,8%	59,0%	51,4%
Girasol	26,9%	12,4%	15,3%
Cereales (sin arroz)	11,2%	12,1%	19,6%
Remolacha	14,2%	10,2%	8,8%
Hortícolas	3,4%	3,7%	3,1%
Otros	4,2%	1,3%	0,9%
Retirada	2,3%	1,3%	0,9%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%
Total herbáceos (has)	42.859	42.604	42.437
Total cultivos (has)	54.050	54.050	54.050

Fuente: Comunidad de Regantes del Bajo Guadalquivir.

El consumo de agua para riego ha sido de 5.311 m³/ha en 1996 y 7.275 m³/ha en 1997.

El Cuadro siguiente muestra la distribución de la tenencia de la tierra en el conjunto de la Comunidad, así como la composición del muestreo realizado para la toma de datos. Para simplificar el análisis, no se han considerado los agricultores con menos de 5 hectáreas, dada la dificultad de obtener datos de calidad de los mismos (el tamaño promedio de explotación en este estrato es de 1,4 ha). No obstante, esta simplificación consideramos que no afecta los resultados del estudio, teniendo en cuenta que estos productores cultivan una parte mínima de la superficie total de la CR y, por tanto, su influencia en la gestión del agua de riego es igualmente menor.

El método de muestreo escogido ha sido el estratificado, en función del tamaño de explotación.

Cuadro 2

DISTRIBUCIÓN DE LA TIERRA EN 1998. ESTRATIFICACIÓN Y MUESTREO

	<5 ha	5-10	10-20	>20 ha	Total
Número de agricultores	2.662	689	1.001	446	4.798
Total hectáreas	3.827	5.289	12.473	29.712	51.301
Distribución de las entrevistas	—	21	29	15	65

Fuente: Comunidad de Regantes del Bajo Guadalquivir.

4. EL MODELO EMPLEADO Y PRIMEROS RESULTADOS

4.1. Cálculo de la función de utilidad multiatributo

Tal y como hemos expuesto, el agricultor, como empresario, está obligado a tomar las decisiones referentes a la producción. Para el caso de las explotaciones agrícolas, la decisión fundamental es establecer qué va a sembrar en su tierra; es decir, cuál va a ser su plan de cultivo. Para ello dispone, como *variables de decisión*, de la posibilidad de asignar a cada actividad (cultivo) una determinada superficie (x_j). Con el valor que conceda a cada una de dichas variables el productor pretende la consecución de distintos *objetivos*. En este contexto, la programación multicriterio trata de establecer matemáticamente los valores de las variables decisionales eficientes de acuerdo con estos objetivos, simulando el proceso de decisión del agricultor. La optimización de los anteriores objetivos está sujeta a distintas *restricciones*. Variables decisionales, objetivos y restricciones son, por tanto, los componentes del modelo que proponemos. Pasamos ahora a una somera descripción de los mismos.

a) Variables

Las variables que se consideran en el modelo son las superficies destinadas a cada uno de los cultivos (x_j). Entre todos los cultivos que ocupan la zona de regadío en estudio, hemos decidido quedarnos para nuestro análisis con aquellos más representativos, tanto por su superficie cultivada como por su valor de producción. No se tienen en cuenta los cultivos leñosos por ser plurianuales, y por tanto no relevantes a la hora de analizar el comportamiento del agricultor cuando toma decisiones de cultivo a corto plazo, enfoque que emplearemos en nuestra simulación.

Asimismo, hemos de señalar que se ha incluido la posibilidad de realizar barbechos. Esta decisión queda justificada por la obligación de la PAC de retirar tierras del cultivo, también en regadío, como condición necesaria para el cobro de las ayudas directas por superficie establecidas por la UE.

Para cada una de estas actividades (cultivos), se han obtenido datos tanto del margen bruto obtenido por hectárea ($MB = [\text{precio} \cdot \text{rendimiento}] + \text{subvenciones} - \text{costes variables}$) como del empleo demandado a lo largo de los cinco años del período de estudio considerado (1993-1997).

Es igualmente importante señalar que, para superar la predisposición que tienen los modelos matemáticos al problema de agregación, hemos tomado en cuenta el impacto que tendrían hipotéticos aumentos de la producción de distintos productos, sobre todo hortícolas y algodón, sobre su precio regional. Efectivamente, los productos de estos tipos de cultivos presentan una demanda bastante rígida, por lo que incrementos en las cantidades producidas (superficie sembrada), producen necesariamente grandes bajadas de precios. Por ello, el modelo planteado ha considerado cada uno de estos cultivos a través de una serie de actividades diferenciadas en sus márgenes brutos, haciendo que, a medida que la solución propuesta aumenta la superficie total, el margen bruto considerado para dicha actividad diferenciada sea menor. Esta variabilidad en los márgenes brutos debida a las oscilaciones de precios, se ha obtenido de la observación de una serie histórica de los últimos 10 años en la que se han relacionado en cada caso superficie cultivada y precio.

b) Objetivos

Como ya se ha apuntado, los objetivos que a *priori* vamos a definir como los más relevantes para explicar el comportamiento de los agricultores del área de estudio son la maximización del margen bruto (MB) y la minimización del riesgo (VAR). Serán éstos, pues, los que se empleen para el cálculo de la matriz de pagos.

c) Restricciones

Las restricciones empleadas en el modelo son de diferente tipo:

- *Utilización de la superficie total* (explotación ideal de 100 ha).
- *Limitaciones de la Política Agraria Comunitaria* (cuota de remolacha y trigo duro, cantidad máxima de girasol y obligación de retirada de tierras).

- *Sucesión y frecuencia de los cultivos* (según la encuesta realizada a los productores).

Las fuentes consultadas para reunir la información necesaria fueron tanto oficiales (facilitadas por las distintas administraciones públicas competentes y la propia Comunidad de Regantes) como a través de entrevistas al Servicio de Extensión Agraria, técnico de la Comunidad de Regantes y agricultores pertenecientes a la misma (encuesta a productores).

El modelo así definido se ha considerado el mismo para todos los agricultores encuestados (65). Este hecho no parece que pueda generar excesivos problemas, habida cuenta que los sistemas de cultivo (actividades) son razonablemente homogéneos en la zona de estudio para todos los productores. Así, se presume que todos los miembros de la CR encaran el mismo conjunto de actividades y limitaciones.

De los resultados obtenidos de la aplicación individual de la metodología se ha podido apreciar una gran similitud de los pesos asignados a los dos objetivos (funciones de utilidad particulares) para los productores de cada estrato de tamaño (5-10 ha, 10-20 ha y más de 20 ha). Por este motivo puede considerarse adecuado establecer una función de utilidad única para el conjunto de productores que compone cada grupo.

Como se dijo antes, esta metodología se aplicó a cada uno de los 65 agricultores. Así, el peso promedio de cada objetivo para cada grupo relativamente homogéneo (pequeños, medianos y grandes agricultores) se puede calcular matemáticamente como sigue:

$$w_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} w_{jk}}{n_i}$$

donde w_{ij} es el peso que el grupo i (pequeños, medianos y grandes) otorga al objetivo j , y w_{jk} es el peso que cada agricultor asignó al objetivo j . El número de agricultores en cada grupo (i) se denota n_i .

Así, los resultados promedio por estrato de tamaño pueden observarse en el Cuadro 3.

Cuadro 3

PONDERACIONES MEDIAS DE LOS OBJETIVOS POR ESTRATOS

Estrato	Peso medio otorgado al MB	Peso medio Otorgado a la VAR	Núm. entrevistas
Entre 5 y 10 ha	0,86	0,14	21
Entre 10 y 20 ha	0,68	0,32	29
Más de 20 ha	0,61	0,39	15
Total CR	0,70	0,30	65

Fuente: Elaboración propia.

Tales resultados sugieren en principio que el peso que los agricultores asignan a la minimización del riesgo se correlaciona positivamente con el tamaño de explotación.

Antes de considerar estos 3 grupos de productores y sus correspondientes funciones de utilidad en la modelización, hemos optado por verificar que estadísticamente son diferentes. Para ello se ha hecho uso de la prueba *t* de comparación de medias dos a dos. Su realización ha demostrado diferencias significativas entre agricultores pequeños (5-10 ha) y el resto, pero no entre el grupo de regantes de 10-20 ha y el de más de 20 ha. Por lo tanto, sólo podremos considerar 2 grupos realmente diferenciados en su comportamiento: los pequeños (PA) y el resto de productores (RA). Las correspondientes funciones de utilidad, recalculadas para el estrato conjunto de agricultores medianos y grandes, son las que aparecen a continuación:

1. Agricultores entre 5 y 10 ha (PA): $U = 86\% \text{ (MB)} + 14\% \text{ (VAR)}$
2. Agricultores con más de 10 ha (RA): $U = 65\% \text{ (MB)} + 35\% \text{ (VAR)}$

Como podemos observar, los agricultores pequeños ponen una mayor importancia en la maximización de margen bruto que los agricultores medianos y grandes, al contrario de lo que ocurre con el riesgo. De esta diferente aversión al riesgo de pequeños y grandes productores será de donde se deduzca la diferente utilización que éstos hacen del agua como factor productivo. Este hecho es especialmente relevante si tenemos en cuenta que normalmente el consumo de agua se correlaciona positivamente con el nivel de riesgo de cultivos (piénsese por ejemplo en los cultivos hortícolas o en el algodón, con grandes requerimientos hídricos).

Como cada objetivo se mide en una unidad diferente, es necesaria la normalización correspondiente. Para ello se ha dividido en cada caso el peso estimado para cada atributo por el valor del mismo en la realidad. Así se ha llegado a las expresiones matemáticas siguientes de las funciones de utilidad:

1. Agricultores entre 5 y 10 ha (PA): $U = 12,11 \cdot \text{MB} - 0,04 \cdot \text{VAR}$
2. Agricultores con más de 10 ha (RA): $U = 9,08 \cdot \text{MB} - 0,09 \cdot \text{VAR}$

Las anteriores expresiones pueden considerarse por tanto como funciones subrogadas de las funciones de utilidad que miden las preferencias reales de dichos grupos de agricultores. Será esta expresión pues, la que emplearemos para la simulación realizada en la próxima etapa de la metodología.

No obstante, para aceptar el anterior supuesto, conviene validar el modelo empleado. A tal fin, empleando las funciones de utilidad

correspondientes como nuevas funciones objetivo, se han obtenido unas distribuciones de cultivo para la situación actual (precio del agua 0), y se han comparado con los valores observados. El Cuadro 4 muestra cómo el modelo simula resultados bastante cercanos a la realidad.

Cuadro 4

DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS OBSERVADA Y SIMULADA POR ESTRATOS

	Entre 5 y 10 ha		Más de 10 ha	
	Observada	Simulada	Observada	Simulada
Algodón	75,9	71,2	47,6	50,4
Girasol	1,5	0,0	16,6	14,7
Cereales (sin arroz)	13,4	14,6	19,3	18,1
Remolacha	4,2	4,2	12,7	13,4
Hortícolas	5,0	10,0	2,9	3,4
Otros	5,0	0,0	2,8	0,0
Retirada	0,0	0,0	0,9	0,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Estimación de las funciones de demanda por grupos homogéneos de regantes

Estas funciones de utilidad son las que se maximizan de nuevo en el modelo para la realización de la simulación de las respuestas de agricultores a cambios en el precio de agua. Planteado así el modelo, la operativa para simular el comportamiento de los agricultores será parametrizar el valor del agua de riego, comenzando con un precio de 0 ptas/m³, tal y como es actualmente. Este precio será el que se irá incrementando progresivamente, incorporándose como un coste variable del cultivo. Así podremos calcular, para cada precio, el plan de cultivo eficiente, y con ello el consumo de agua asociado a cada uno de ellos (curva de demanda derivada de agua de riego). Esta parametrización se realiza para cada uno de los grupos. De esta forma se obtienen los resultados que se resumen en el Cuadro 5.

La demanda de agua para los agricultores pequeños y el resto se muestra en este Cuadro para cada precio, tanto en consumo por hec-

Cuadro 5

DEMANDA DE AGUA DE RIEGO POR GRUPOS DE AGRICULTORES

Agricultores pequeños (PA)				Resto de Agricultores (RA)			Total
Precio pta/m ³	Demanda por ha (DPA) m ³ /ha	Demanda total (DPAT) 10 ⁶ m ³	Índice variación cultivos (VDCp)	Demanda por ha (DRA) m ³ /ha	Demanda total (DRAT) 10 ⁶ m ³	Índice variación cultivos (VDCR)	Demanda (D) m ³ /ha
0	4.804	25,4		3.755	158,4		3.872
5	4.617	24,4	7	3.627	153,0	6	3.737
10	4.514	23,9	4	3.292	138,9	22	3.428
15	4.352	23,0	13	2.953	124,6	22	3.109
20	3.674	19,4	39	2.341	98,8	47	2.490
25	1.204	6,4	139	2.171	91,6	5	2.063
30	1.088	5,8	7	1.899	80,1	22	1.809
35	1.088	5,8	0	1.750	73,8	5	1.676
40	595	3,1	75	1.190	50,2	64	1.124

Fuente: Elaboración propia.

tárea (DPA y DRA respectivamente) como para el total de la CR (DPAT y DRAT). Para calcular la demanda agregada (D) se han sumado las cantidades demandadas por cada grupo, debidamente ponderados por su peso total relativo a la superficie. Matemáticamente,

$$D = [DPA \cdot 5.289 \text{ ha} + DRA \cdot 42.185 \text{ ha}] / 47.474 \text{ ha}$$

o, lo que es lo mismo,

$$D = 11\% \cdot DPA + 89\% \cdot DRA$$

siendo el 12,9 y el 87,1 los porcentajes que representan las hectáreas pertenecientes a los PA y a los RA respectivamente en relación al conjunto de la CR.

El índice de variación de distribución de cultivo (VDC) mide el cambio de la dedicación de la tierra a los distintos cultivos, computándose

como, $\sum_{j=1}^n |x_{ji} - x_{ji+5}|$, donde x_{ji} es el porcentaje de tierra

cubierto por la cosecha j al precio de agua i , para $i = 0,5,10,\dots,40$, y x_{ji+5} el mismo porcentaje para un precio del agua 5 pta mayor. Para agricultores pequeños el cambio más importante primero tiene lugar entre 20 y 25 pta/m³ (exactamente a 24), mientras que para productores grandes esto ocurre entre 15 y 20 pta/m³ (concretamente para 19).

De forma gráfica las distintas curvas de demanda (en m³/ha) pueden observarse en el Gráfico 1. Aunque las dos curvas presentan diferencias, se puede observar un comportamiento similar en cuanto a su estructura. Así, tal y como ya han apuntado otros autores (Wahl, 1989; Garrido, 1998; Sumpsi *et al.*, 1998; Berbel y Gómez-Limón, 2000, y Gómez-Limón y Berbel, 2000), se pueden distinguir dos tramos diferenciados por su elasticidad demanda-precio:

- *Tramo de «muy baja elasticidad»* ($|e| < 0,1$). Durante el mismo, ante un aumento del precio del agua, los agricultores apenas disminuyen la cantidad de agua demandada, ya que tienden a mantener sus distribuciones de cultivos.
- *Tramo de «elasticidad moderada»* ($|e| > 0,1$). La curva precio-consumo de agua tiene una forma mucho más elástica; es decir, ante aumentos sucesivos del precio, los agricultores alteran rápidamente sus planes de cultivo, introduciendo progresivamente aquellos con menor consumo hídrico.

Los anteriores tramos pueden cuantificarse tal y como aparece en el Cuadro 6 para cada uno de los grupos y para el total de la CR.

Cuadro 6

TRAMOS DE LAS CURVAS DE DEMANDA DE AGUA (EN PTA)

	Tramo de «muy baja elasticidad»	Tramo de «elasticidad moderada»
Agricultores pequeños (DPA)	0-16	> 16
Agricultores medianos y grandes (DRA)	0-5	> 6
Total (D)	0-5	> 6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7

ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA POR INTERVALOS DE PRECIOS

Intervalos de precios	Pequeños agricultores	Medianos y grandes agricultores	Total
0-5	-0,02	-0,02	-0,02
5-16	-0,06	-0,22	-0,19
17-25	-2,58	-0,64	-0,88
25-40	-1,47	-1,26	-1,28

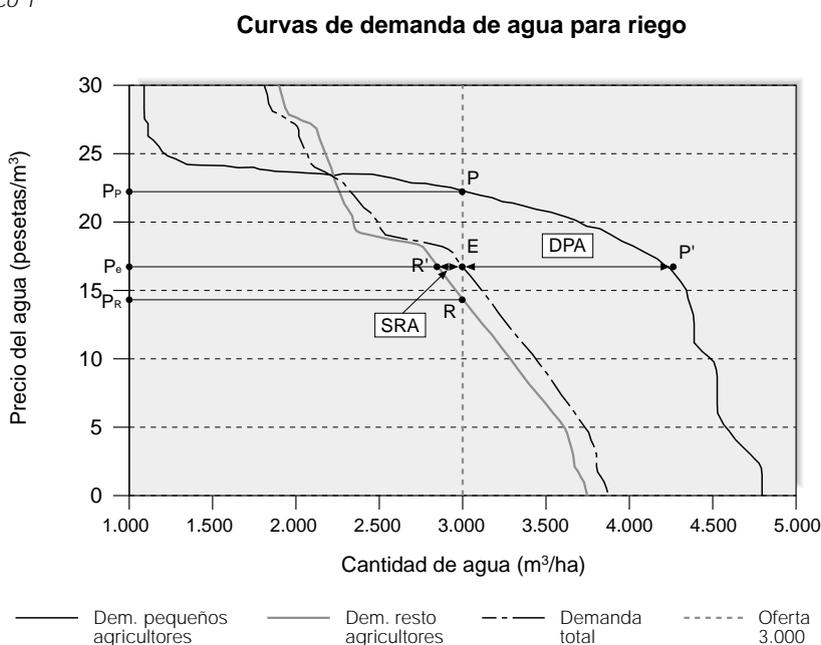
Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 7 muestra las elasticidades precio por intervalos de precios (elasticidad arco) y por grupos, corroborando la anterior segmentación de las curvas de demanda.

5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE MERCADOS INTRA-COMUNITARIOS DE AGUA DE RIEGO

Los resultados de la simulación antes apuntada puede observarse igualmente en el Gráfico 1, en este caso como curvas de demanda de agua.

Gráfico 1



Para la simulación de mercados de agua en este sistema de riego consideraremos, a modo de simplificación, que existen únicamente estos dos tipos de agentes: los agricultores pequeños (PA) y el resto (RA en referencia a medianos y grandes productores). Cada uno de ellos comprará o venderá agua en función de la utilidad que el agua les proporcione en cada caso (demanda derivada de un factor de producción).

Nótese que empleamos el término «utilidad» y no «productividad», normalmente empleados en este contexto como sinónimos por la Teoría económica clásica. Efectivamente, el comportamiento del

productor, en función de una función de utilidad multiatributo, no permite equiparar utilidad con el beneficio o con la productividad. Analizada ya la demanda de agua de riego, debe también estudiarse la oferta. En este sentido consideraremos que las disponibilidades de agua vienen determinadas en todo caso de manera exógena por la Administración hidráulica, la cual, en función del stock de agua embalsada y otros criterios, establece anualmente la cantidad de agua a desembalsar para su uso en el regadío. Se trata por tanto de una curva de oferta totalmente inelástica en el corto plazo. Esta cantidad de agua se reparte entre los regantes en función de la superficie de riego de que disponen, constituyendo la oferta de agua con la que cuenta cada hectárea regada, oferta de marcado carácter rígido. En la situación previa a la reforma de la Ley de aguas, de inexistencia de mercados de agua, el uso de agua como factor productivo en cada grupo de productores viene dado por los puntos P y R (ver Gráfico 1), en relación a los pequeños productores y al resto respectivamente. Efectivamente, como puede apreciarse gráficamente, para cada uno de los grupos, la dotación fijada externamente determina un punto de corte con las distintas curvas de demanda, marcando los puntos P y R antes comentados. Dichos puntos determinan la utilidad marginal que el agua aporta a cada uno de los grupos que, cuantificados en unidades monetarias, se corresponden con P_P y P_R respectivamente. Esta disparidad de utilidades marginales, como ahora se analiza, va a ser el «motor» que permita el funcionamiento del mercado local de agua.

Supongamos un escenario en el que la oferta de agua sea 5.000 m^3/ha . En este caso, como puede apreciarse en el anterior gráfico, esta cantidad sería excedentaria para todos los agricultores (utilidad marginal nula para PA y RA), por lo que en caso de implantarse un mercado, no habría intercambios; a ambos grupos les sobra y a ninguno les falta agua.

Esta situación de inexistencia de mercados del agua se produciría para dotaciones superiores a 3.872 m^3/ha , la circunstancia habitual en años hidrológicos normales (dotación media superior a los 6.000 m^3/ha).

Si por escasez de agua la dotación de ésta por ha disminuye, la situación cambia radicalmente; la escasez convierte al agua en un bien económico, al cual se le asigna por tanto un valor intrínseco (precio). Por ejemplo, supongamos una oferta de 3.000 m^3/ha (ver Gráfico 1). Nos encontramos así que la utilidad marginal del agua para los RA es de aproximadamente 14 ptas/ m^3 (P_R), mientras que

para los PA es claramente superior; utilidad marginal de 22 ptas/m³ (P_p).

En el caso de establecerse un mercado de agua en régimen de competencia perfecta y sin costes de transacción, éste haría que se intercambiasen cantidades de agua hasta igualar las utilidades marginales del agua para ambos agentes, llegándose así a una situación de equilibrio. Este punto se corresponde con la intersección de la oferta rígida con la demanda total de la CR (punto E del Gráfico 1). Así, este mercado permitiría que la situación de demanda de agua cambie como sigue:

- El equilibrio de los pequeños agricultores pasa de P a P'. Este cambio hace que estos productores puedan adquirir una cantidad adicional de agua por cada hectárea, cuantificada en el segmento EP'. Esta nueva situación aumenta el excedente de estos consumidores de agua en el área comprendida por los puntos PP'P_eP_p. A cambio, éstos deberán hacer frente al pago de agua correspondiente, abonando la diferencia de agua comprendida entre P' y E a un precio P_e.
- El equilibrio del resto de agricultores pasa de R a R'. En este caso esta nueva situación convierte a estos regantes en ofertantes de agua, concretamente en la cantidad ER' por cada hectárea. Estos productores pierden de esta forma parte de su excedente, cuantificable en el área RR'P_RP_e. Sin embargo, este descenso es compensado por el cobro del agua vendida (la diferencia de m³/ha de agua que hay entre R y R' cobrada a P_e), tal y como luego se analiza.

De esta manera, en situación de libre mercado, la utilidad marginal del agua para ambos grupos se iguala, aproximadamente en 17 pta/m³ (P_e).

En el gráfico la cantidad ofertada por ha se ha señalado como SRA, y la demanda de agua como DPA. La aparente diferencia de volumen transferido se explica por la diferente proporción de superficie perteneciente a agricultores grandes (superficies «ofertantes» de agua) y la que forma parte de explotaciones de menos de 10 ha (superficies «demandantes» de agua). Así, como se deduce de lo comentado anteriormente, se verifica la igualdad siguiente:

$$89\% \cdot SRA = 11\% \cdot DPA.$$

Esta situación de intercambio de agua en mercados locales (dotaciones inferiores a los 3.872 m³/ha) es la que podría darse en los años de sequía.

En el Cuadro 8 se pone de manifiesto el volumen de las transferencias de agua que podrían llevarse a cabo para cada dotación de agua (precio) que se plantee, tanto en valores absolutos como en porcentaje sobre el total de agua consumida en el conjunto de la CR. Igualmente en este mismo cuadro, se calcula el valor total del agua transaccionada. De los resultados se deduce claramente como para una oferta total de agua entre 3.872 y 2.260 m³/ha, existe un mercado significativo de agua (transacciones superiores al 2,5 por ciento del total consumido), que se corresponde con transferencias de agua de los RA a los PA. Es dentro de este tramo en donde el volumen de transferencias se hace máximos, concretamente para una dotación de 2.235 m³/ha (P_e =19 ptas/m³), para la cual 6,3 millones de m³ (5,8 por ciento del agua de agua consumida) serían transferidos de los grandes a los pequeños agricultores. Para esta misma dotación las transacciones efectuadas alcanzan igualmente el máximo valor de mercado, con un montante total de 132,6 millones de ptas para el conjunto de la CR, transferencia de dinero que tiene su origen en los PA y su destino en los RA.

Cuadro 8

DEMANDA Y TRANSACCIONES DE AGUA DE RIEGO POR GRUPOS DE AGRICULTORES

Precio pta/m ³	D m ³ /ha	DPA m ³ /ha	DRA m ³ /ha	Agua vendida 10 ⁶ m ³ (*)	Total agua %	Valor 10 ⁶ pta (*)
1	3.849	4.804	3.729	5,05	2,77	5,05
2	3.803	4.804	3.678	5,29	2,93	10,58
4	3.768	4.693	3.652	4,89	2,74	19,57
6	3.673	4.542	3.564	4,60	2,64	27,58
8	3.551	4.531	3.428	5,18	3,08	41,47
10	3.428	4.514	3.292	5,74	3,53	57,43
15	3.109	4.352	2.953	6,57	4,45	98,62
20	2.490	3.674	2.341	6,26	5,30	125,30
25	2.063	1.204	2.171	-4,54	-4,64	-113,62
30	1.809	1.088	1.899	-3,81	-4,44	-114,35

Fuente: Elaboración propia.

(*) Los signos positivos indican transferencias de los agricultores grandes a los pequeños, mientras que signos negativos implican lo contrario.

De los resultados anteriores queda de manifiesto cómo para un tramo considerable de dotaciones deficitarias de riego, la introducción de mercados locales de agua supondría la obtención de rentas por parte de los agricultores medianos y grandes a costa de los pequeños. Sin duda este fenómeno tiene importantes implicaciones políticas. En principio, con estos datos se puede concluir

que este sistema liberalizador del uso del agua generaría un mecanismo de transferencias de rentas que podría considerarse en el debate político como «socialmente injusto» (debate sobre los «*agua-tenientes*»), sobre todo si tenemos en mente la propiedad pública del agua.

No obstante, a este respecto hay que aclarar que la presunta «injusticia» no es en ningún caso debida al propio mercado, sino a la distribución de derechos de propiedad previa al inicio de las transacciones. También conviene recordar que la implantación de un mercado permite que los agentes intercambien *voluntariamente* el agua; los grandes sólo ceden agua porque reciben una contraprestación económica por ella, mientras que los pequeños la adquieren únicamente porque pueden obtener una mayor rentabilidad en su explotación. De hecho, la descentralización de asignación del agua, como posteriormente se verá, favorece mucho más a los pequeños agricultores (los incrementos de MB son superiores a los pagos por el agua, tal y como se deduce del Cuadro 9). En este sentido también podría plantearse como «injusto» negarles a los pequeños regantes esta posibilidad de mejorar su situación a través del mercado.

Para dotaciones inferiores a los 2.260 m³/ha, el flujo del mercado cambia de sentido, y son los pequeños productores quienes venden agua a los grandes, cobrando lógicamente las cantidades correspondientes en concepto de cobro por el agua transferida (ver Cuadro 8).

No obstante, para cuantificar el impacto de la introducción de mercados de agua no nos podemos limitar a estimar las transferencias monetarias entre los agentes, circunstancia que como se ha comentado tiene un altísimo interés político, sino que debe estimarse la ganancia de rentas (impacto económico) que estos intercambios producen y las variaciones de empleo que éstos conllevan (impacto social).

En cuanto al *impacto económico*, los cálculos realizados pueden apreciarse en el Cuadro 9. Éste nos muestra, tanto para los PA como para el RA, las variaciones de margen bruto al pasar de la situación previa a la reforma (régimen concesional rígido), a la de un mercado de derechos de agua. Este cálculo se ha realizado estimando, para cada dotación, los correspondientes puntos de equilibrio sin mercado de agua (puntos P y R del Gráfico 1) y con mercado (puntos P' y R'), así como sus MB asociados. Así, para los PA, el valor que aparece en el Cuadro será la diferencia entre MB_{P'} y MB_P, mientras que para el RA, esta diferencia equivale a MB_R - MB_{R'}.

Cuadro 9

REPERCUSIONES ECONÓMICAS DE LA IMPLANTACIÓN DE MERCADO LOCALES DE AGUA

Dotación m ³ /ha	Precio Pta/m ³	Pequeños Agricultores			Resto Agricultores			TOTAL
		Δ MB pta/ha	Pago agua pta/ha	Total pta/ha	∇ MB pta/ha	Cobro agua pta/ha	Total pta/ha	CR 10 ⁶ pta
3.800	3,00	20.039	2.908	17.131	966	365	-601	70,50
3.700	5,58	20.419	4.874	15.545	1.878	611	-1.267	31,08
3.600	7,19	22.298	6.698	15.600	3.352	840	-2.512	-25,36
3.400	10,39	25.615	11.137	14.478	3.754	1.396	-2.358	-24,74
3.200	13,54	27.689	15.920	11.768	4.057	1.996	-2.061	-26,70
3.000	16,65	28.953	20.997	7.957	4.344	2.632	-1.711	-32,54
2.500	19,77	28.163	24.029	4.134	3.354	3.013	-341	8,07
2.000	27,00	-19.430	-23.800	4.370	-2.707	-2.984	-277	12,34

Fuente: Elaboración propia.

También en este mismo Cuadro se cuantifican los pagos y cobros de agua que estos intercambios producen. Este cálculo se han realizado multiplicando simplemente la cantidad de agua transaccionada por cada grupo por el precio de equilibrio P_e correspondiente a cada dotación considerada. De esta manera ha podido estimarse las repercusiones globales que la entrada del mercado tendría tanto sobre los dos grupos de productores, como para el total de la CR.

De los anteriores resultados se deduce cómo los agentes más beneficiados por la introducción del mercado desde el punto de vista económico son los pequeños regantes, a pesar de los pagos que éstos deben de hacer frente por la compra de agua (dotaciones de agua superiores a 2.260 m³/ha). Los beneficios de los pequeños agricultores oscilan entre 17.131 ptas/ha (en el caso de una dotación de 3.800 m³/ha) y 4.134 ptas/ha (dotación 2.500 m³/ha).

Este beneficio debido a la implantación del mercado es consecuente con los postulados de la Teoría económica sobre las bondades de este sistema descentralizado de asignación de recursos. Tal circunstancia, y en contraposición con lo que luego se comentará con respecto a los medianos y grandes agricultores, se debe a que el comportamiento de los pequeños se ajusta bastante al supuesto básico de maximización de beneficios que clásicamente se ha venido asignando a los productores (a la optimización del margen bruto este grupo de regantes le asigna un peso del 86 por ciento sobre el total de objetivos).

Los resultados son, sin embargo, más llamativos para el caso de los medianos y grandes regantes. Éstos, a pesar de cobrar cantidades significativas por la venta de agua (para dotaciones superiores 2.260

m³/ha), presentan una ligera pérdida económica en términos de margen bruto por ha. Dichas pérdidas oscilan entre las 277 ptas/ha (en el caso de una dotación de 2.000 m³/ha) y las 2.512 ptas/ha (dotación de 3.600 m³/ha).

Para explicar este resultado debemos asumir plenamente el contexto multicriterio que guía la toma de decisiones de este grupo de regantes. Recordemos que la función de utilidad del conjunto de éstos es $U = 65\% (MB) + 35\% (VAR)$, muy alejada del principio maximizador del beneficio supuesto por la Teoría económica clásica. Así pues, considerando este contexto multicriterio, debe tenerse en cuenta que estos productores desean maximizar, no ya el beneficio, sino su función de utilidad $U = f(MB, VAR)$. De esta manera puede explicarse cómo la introducción del mercado posibilita a los grandes agricultores aumentar su utilidad, y sin embargo disminuir el margen bruto que obtienen por cada hectárea cultivada. En este sentido, la introducción de un mercado de agua permite a estos productores disminuir considerablemente su riesgo (sustitución de cultivos especulativos por otros más seguros disminuye la varianza esperada para los planes de cultivos), incluso a costa del margen bruto obtenido, pérdida ésta amortiguada parcialmente por el cobro de la venta de agua. Se debe concluir, por tanto, afirmando que las bajadas de renta comentadas, a nivel utilitario, son compensadas con creces por las bajadas de riesgo que los nuevos planes de cultivo implican, haciendo que su utilidad global se vea mejorada con la entrada en funcionamiento del mercado.

Por este efecto de maximización de la utilidad multiatributo, especialmente importante para los grandes productores, que tienen más del 85 por ciento de la superficie, el impacto económico global para la Comunidad de Regantes analizada debido a la hipotética introducción de un mercado para el agua de riego no es significativo. Efectivamente, los resultados obtenidos presentan variaciones mínimas de rentas globales respecto a las dos situaciones comparadas (sin y con mercado de agua). Incluso para algunos casos, en contra de lo previsible por la Teoría Económica clásica, la resultante global es negativa. Tal circunstancia cabe explicarla por las consecuencias del comportamiento conservador de los productores de mayor tamaño, cuya pérdida total de MB no llega a compensarse por las ganancias de los pequeños, habida cuenta de su importancia cuantitativa (número de ha que gestionan).

En cuanto al *impacto social*, en el Cuadro 10 puede contemplarse las variaciones de empleo demandado por grupos y para el conjunto de la CR en caso de implantación de mercados de agua.

Cuadro 10

REPERCUSIONES SOCIALES DE LA IMPLANTACIÓN DE MERCADOS LOCALES DE AGUA

Dotación m ³ /ha	Precio pta/m ³	Δ empleo en los PA jornales/ha	∇ empleo en los RA jornales/ha	Cambio empleo Total CR 10 ³ jornales
3.800	3,00	2,13	0,11	7,21
3.700	5,58	2,38	0,18	5,21
3.600	7,19	2,55	0,38	-2,81
3.400	10,39	2,83	0,40	-1,91
3.200	13,54	2,74	0,43	-4,10
3.000	16,65	2,61	0,48	-6,97
2.500	19,77	2,50	0,35	-1,90
2.000	27,00	-0,81	-0,07	-1,61

Fuente: Elaboración propia.

De estos resultados también puede concluirse la falta de significación de la introducción de mercados de agua en cuanto a la generación de empleo para el conjunto de la zona de estudio. Así, para la totalidad de la CR, las variaciones en los jornales demandados oscilan entre incrementos de 7.214 (para dotaciones de 3.800 m³/ha) y descensos de 6.975 (para dotaciones de 3.000 m³/ha). Dichas cantidades, en términos de generación de empleo, supondrían aproximadamente para cada uno de los extremos anteriores la creación de 28 puestos de trabajo fijos y la destrucción de 27 empleos también fijos, cantidad poco relevante para superficies de más de 54.000 ha de regadío.

Además de estos resultados globales, conviene reseñar igualmente la diferencia de comportamiento entre los pequeños productores y el resto. Efectivamente, la demanda de mano de obra está directamente correlacionada con su comportamiento como demandantes u ofertantes de agua en el hipotético mercado. Esta relación directa entre consumo de agua y mano de obra (factores altamente complementarios) puede observarse en el caso de los pequeños productores, para los cuales la implantación del mercado supondría una mayor demanda de mano de obra, al menos para dotaciones que implican adquisición de agua (superiores a 2.260 m³/ha). Para el resto de regantes, como vendedores del recurso para las dotaciones antes reseñadas, el mercado implica una menor generación de empleo.

6. CONCLUSIONES

Del presente estudio las principales conclusiones que se pueden obtener son:

1. Las funciones de utilidad multiatributo generadas a través de la programación multicriterio, han resultado ser una herramienta potencialmente útil para simular el comportamiento de los productores (regantes) ante cambios del entorno administrativo (introducción de mercados locales de agua).
2. En la Comunidad de Regantes analizada, el mercado de derechos del agua que se establecería con la reforma aprobada sólo operaría para dotaciones por hectárea inferiores a $3.872 \text{ m}^3/\text{ha}$, circunstancia propia únicamente de períodos de sequía.
3. En este mercado, los pequeños productores (entre 5 y 10 ha) demandarían un 35 por ciento más de agua por ha en relación al resto de agricultores (más de 10 ha), concretamente para dotaciones superiores a los $2.260 \text{ m}^3/\text{ha}$ (que implica un precio de mercado de $24 \text{ pta}/\text{m}^3$). Para esta situación, el intercambio correspondiente al mercado implicaría unas transferencias monetarias desde los pequeños agricultores a los grandes, con los efectos redistributivos que ello conlleva. Para dotaciones inferiores a $2.260 \text{ m}^3/\text{ha}$ (precios superiores a las $25 \text{ pta}/\text{m}^3$), la curva de demanda de los pequeños productores se vuelve muy elástica, reduciendo drásticamente su consumo, incluso por debajo del resto de regantes. De esta forma se transforman en ofertantes del recurso.
4. Cuantificando el impacto económico de la introducción del mercado en términos de margen bruto para los distintos agentes, se pone de manifiesto que son los pequeños productores los más beneficiados, a pesar de los pagos realizados por la compra de agua. Por el contrario, los medianos y grandes agricultores presentan un descenso en este indicador. Esta aparente paradoja, contraria a lo que establece la Teoría económica, queda explicada por el carácter conservador (alta ponderación de la minimización del riesgo) de estos productores, lejos del empresario maximizador del beneficio establecido por la Economía clásica. Esta misma circunstancia provoca que el impacto económico inducido por el mercado para el conjunto de la zona de estudio no sea significativo, ni en sentido positivo ni negativo.
5. En cuanto al impacto social que tendría un potencial mercado de agua, por la misma causa apuntada anteriormente, no puede apreciarse ningún cambio significativo para el conjunto de la CR del Bajo Guadalquivir.

Todas estas conclusiones no obstante deben matizarse teniendo en cuenta que todos los cálculos realizados se han hecho para la situación anterior a la aprobación de la Agenda 2000. Efectivamente, este

nuevo escenario de política agraria alterará significativamente los resultados obtenidos, ya que aunque las funciones de utilidad de los productores sigan teniendo la misma composición (basadas en factores psicológicos, eminentemente estructurales), la incidencia del incremento de las ayudas directas y la bajada de precios, especialmente en el nivel de riesgo de los distintos cultivos reformados, hará que la toma de decisiones (planes de cultivos) se altere significativamente.

Por último quisiéramos también indicar la posibilidad de extender el análisis aquí planteado a nuevos demandantes de agua (municipios, industrias, empresarios del ocio, etc.). Para ello bastaría con estimar sus respectivas curvas de demanda derivada, generar una nueva curva de oferta total, y relacionar los puntos de equilibrio entre los diferentes demandantes. Esta extensión, desde nuestro punto de vista, plantea un interesante horizonte hacia el cual encaminar futuras líneas de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL ABDÍN, E. (1986): «Propiedad y disposición del agua para el uso agrícola». *Revista de Estudios Agrosociales*, 134, pp. 9-37.
- ÁLVAREZ RICO, M.; PÉREZ, A. y ÁLVAREZ-RICO, I. (1998): *Los problemas del régimen económico-financiero del dominio público hidráulico*. Ed. Ecmasa, Córdoba.
- 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.
- BECKER, N. (1995): «Value moving from central planning to market system: lessons from the Israeli water sector». *Agricultural Economics*, 12 (1), pp. 11-21.
- 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.
- BOOKER, J. F. y YOUNG, R. A. (1994): «Modelling Intrastate and Interstate Markets for Colorado River Water Resources». *Journal of Environmental Economics and Management*, 26, pp. 66-87.
- 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.

- DYER, J. S. (1977): On the relationship between Goal Programming and Multiattribute Utility Theory. Discussion paper 69, Management Study Center. University of California, Los Angeles.
- EDWARDS, W. (1977): «Use of multiattribute utility measurement for social decision making», en D.E. Bell, R.L. Keeney y H. Raiffa (eds.): *Decisions*. Ed. John Wiley & Sons, Chichester.
- EMBED, A. (ed.). (1996): *Precios y mercados del agua*. Ed. Civitas, Madrid.
- FARMER, P. C. (1987): «Testing the robustness of multiattribute utility theory in an applied setting». *Decision Sciences*, 18, pp. 178-193.
- FISCHER, A.; FULLERTON, D.; HATCH, N. y REINELT, P. (1995): «Alternatives for Managing Drought: A comparative cost analysis». *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, pp. 304-320.
- FISHBURN, P. C. (1982): *The Foundations of Expected Utility*. Ed. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- GARRIDO, A. (1995a): *La economía del agua: métodos de evaluación económica del uso de agua en agricultura. Teoría y trabajos empíricos*. Ed. SGT-MAPA, Madrid.
- GARRIDO, A. (1995b): *La economía del agua: análisis de la asignación de recursos mediante el establecimiento de mercados de derechos del agua en el Valle del Guadalquivir*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- GARRIDO, A. (1998): «An economic analysis of water markets within the Spanish agricultural sector: Can they provide substantial benefit?», en A. Easter, M. Rosegrant y A. Dinar (eds.): *Markets for Water - Potential and Performance*. Ed. Kluwer Academic Press, New York.
- 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 (1), pp. 103-123.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. y BERBEL, J. (2000): «Multicriterion Analysis of Derived Water Demand Functions: A Spanish Case Study». *Agricultural Systems*, 63, pp. 49-72.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; SÁNCHEZ, F. J.; RODRÍGUEZ, A. y LARA, P. (1996): «Socio-economic Impact Evaluation of the Drought in Irrigated Lands in Southern Spain: A Multicriteria Decision Making Approach». *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 455, pp. 84-92.
- HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R. B. M. y ANDERSON, J. R. (1997) *Coping with Risk in Agriculture*. Ed. CAB International, Oxon, UK.
- HERATH, H. M. G. (1981): «An Empirical Evaluation of Multiattribute Utility Theory in Peasant Agriculture». *Oxford Agrarian Studies*, 10, pp. 240-254.
- HWANG, C. L. y YOON, K. (1981): *Multi Attribute Decision Making*. Springer-Verlag. New York.

- LÓPEZ MENUDO, F. (1993): «La concesión de aguas públicas y sus posibles modificaciones». *Revista Española de Derecho Administrativo*, 77, pp. 111-138.
- 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.
- SUMPSI, J. M. (1986): «El régimen económico financiero del agua y la agricultura». *Revista de Estudios Agrosociales*, 134, pp. 9-37.
- SUMPSI, J. M.; AMADOR, F. y ROMERO, C. (1993): A research on Andalusian farmers' objective: methodological aspects and policy implications. VII European Congress of Agricultural Economics. European Association of Agricultural Economics (EAAE). Stressa (Italy).
- SUMPSI, J. M.; AMADOR, F. y ROMERO, C. (1997): «On farmers' objectives: A Multicriteria approach». *European Journal of Operational Research*, 96 (1), 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*. Ed. MAPA. Madrid.
- WAHL, R. (1989): *Markets for Federal Water: Subsidies, Property Rights and the U.S. Bureau of Reclamation*. Resources for the Future. Washington D.C.
- WEINBERG, M.; KLING, C. L. y WILLEN, J. E. (1993): «Water Markets and Water Quality». *American Journal of Agricultural Economics*, 75, pp. 278-291.

RESUMEN

Mercados locales de agua de riego. Una modelización multicriterio en el Bajo Guadalquivir

Recientemente se ha aprobado la reforma de la Ley de aguas, introduciéndose por primera vez en nuestro país la posibilidad de crear mercados de agua. Con ello se confía en promover una distribución más eficiente de este recurso escaso. Este trabajo analiza el impacto que tendría la hipotética aplicación de estos mercados a través de técnicas multicriterio. Los resultados de simulación permiten cuantificar el volumen de agua intercambiado entre los agentes para cada precio de agua. Estos resultados ponen de manifiesto cómo esta política descentralizada de asignación de recursos hídricos no supondría una mejora de la eficiencia del agua, ni desde una perspectiva económica (renta agraria) ni social (empleo generado).

PALABRAS CLAVE: Política hidráulica, Economía Ambiental, Agricultura de regadío, Teoría de la Decisión Multicriterio, España.

SUMMARY

Local water markets for irrigation: A multicriteria simulation in the Guadalquivir Valley, Spain

Spanish authorities have introduced a new law authorising water markets in order to improve the efficiency of this natural resource. This research analyses the socio-economic impact of the hypothetical implementation of this market following multicriteria techniques. The simulation results allow us to establish the amount of water exchange between agents for different prices. These results show that this water policy would not improve the water efficiency for an economic point of view (agricultural income) nor for a social point of view (labour demand in rural areas).

KEYWORDS: Water Policy, Environmental Economics, Irrigated Agriculture, Multicriteria Decision Making, Spain.