

# TARIFACIÓN DEL AGUA DE RIEGO: CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTAL.

**GÓMEZ-LIMÓN RODRIGUEZ, José Antonio.**

Dr. Ingeniero Agrónomo. Dpto. Economía Agraria  
E.T.S.II.AA. Universidad de Valladolid  
Avda. Madrid, 57. 34071 Palencia  
Tel: 979 729048 ext. 2265  
Fax: 979 712099  
E-mail: limon@iaf.uva.es

**BERBEL VECINO, Julio**

Dr. Ingeniero Agrónomo. Departamento de Economía Agraria.  
E.T.S. Ingenieros Agrónomos y Montes  
Universidad de Córdoba  
Avda. Menéndez Pidal s/n. 14080, Córdoba  
Apto. Correos 3048  
tel. 957 218457  
fax 957 218563  
E-mail: berbel@uco.es

**PEÑUELAS MENENDEZ, José María**

Ingeniero Agrónomo. Departamento de Economía Agraria.  
E.T.S. Ingenieros Agrónomos y Montes  
Universidad de Córdoba  
Avda. Menéndez Pidal s/n. 14080, Córdoba  
Apto. Correos 3048  
Tel: 957 218544  
E-mail: es2pemej@uco.es

## **RESUMEN**

La agricultura de regadío ha sido analizada en España estos últimos años desde varios puntos de vista, aunque normalmente la ha sido por causa de su alto consumo y su aparente ineficiencia. Han sido debatidos varios tipos de política de regadío, siempre prestando especial atención al precio del agua de riego. Este artículo tiene como meta contribuir en este debate por medio de una simulación del impacto que una política basada en los precios del agua podrían tener en la producción agrícola. Se han pretendido abordar todos los aspectos que pudieran estar afectados, por lo que se ha analizado las implicaciones económicas, sociales y medioambientales de tal política.

**Palabras clave:** Política agrícola, Agricultura de regadío, Modelos de decisión multicriterio.

## **ABSTRACT**

Irrigated agriculture has been analysed in Spain in recent years because of its high water consumption and its apparent inefficiency. Several possibilities for water policy have been debated, in particular the pricing of irrigation water. This paper aims to contribute to this discussion by simulating the impact that a policy based upon the price of water could have on agricultural production, analysing the economic, social and environmental implications of such a water policy.

**Keywords:** Agricultural policy; Irrigated agriculture; Multicriteria Decision Models

## **1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.**

Las sucesivas sequías acaecidas y los incrementos constantes de la demanda de agua en España han puesto de manifiesto la creciente escasez relativa de este recurso. Ambas circunstancias han provocado una intensa polémica sobre la eficiencia en el uso de este bien por parte de las explotaciones agrarias, que suponen el 80% del consumo total nacional.

La aparente mala gestión del agua en los regadíos españoles (grandes pérdidas de agua y su aplicación a cultivos excedentarios, de baja rentabilidad y demandantes de poca mano de obra), ha servido de argumento a diversos autores para apuntar, como solución indispensable, la introducción de un *precio público del agua* (tasa cobrada por el Estado en función de las cantidades consumidas del recurso). Según éstos, basándose en la Teoría Económica, sólo así se podría mejorar su gestión, promoviendo su asignación eficiente. Sin embargo, hemos de señalar cómo un mayor precio del agua, además de un menor consumo y la "optimización" del recurso, trae consigo también un cambio de cultivos y técnicas agrícolas que implican una menor renta agraria y reducción de empleo, ya que los cultivos de regadío son más rentables e intensivos en trabajo que los de secano.

En este sentido, nuestro objetivo principal es proponer una metodología que permita cuantificar el impacto que tendría una hipotética política de precios del agua de riego en las zonas regables, analizando sus repercusiones económicas (renta agraria y recaudación estatal), sociales (empleo agrario) y ambientales (consumo de agua y uso de fertilizantes). Así, nuestro propósito es la puesta a punto de un instrumento de análisis que ilustre cuál sería el comportamiento de estos consumidores (agricultores) en relación a los recursos hídricos ante diferentes precios del agua de riego.

## **2. METODOLOGÍA.**

Un principio aceptado en la Teoría Económica es que el comportamiento de los empresarios se rige por la *maximización del beneficio*.

Este axioma de la maximización del beneficio ha sido sin embargo frecuentemente discutido por distintos autores, quienes consideran que los empresarios, a la hora de tomar sus decisiones de producción, tienen en mente otra serie de consideraciones relacionadas con su entorno económico, social, cultural y ambiental. En el caso de la agricultura, numerosos estudios empíricos ratifican esta diversidad de objetivos que

pretenden abordarse de forma simultánea. Por citar algunos ejemplos en relación a España tenemos Gómez-Limón y Berbel (1995) y Amador *et al* (1998).

Antes estas evidencias, consideramos necesario analizar el problema económico que nos ocupa dentro de la estructura teórica del paradigma de la Decisión Multicriterio. En concreto, hemos optado por emplear la denominada Programación por Metas Ponderadas (WGP), como medio de definición de la función de utilidad considerada por los productores agrarios. Esta metodología, que desarrollaremos brevemente, ha sido anteriormente empleada con éxito en diversos estudios, como por ejemplo en Gómez-Limón *et al.* (1995 y 96).

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

1. Se definen 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.
2. Se obtiene la matriz de pagos. El elemento  $f_{ij}$  de esta matriz es el valor de objetivo  $i$  cuando el objetivo  $j$  es optimizado.
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  $w_i$ , 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 minimizan la suma de las variables de desviación:

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

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

Se 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).

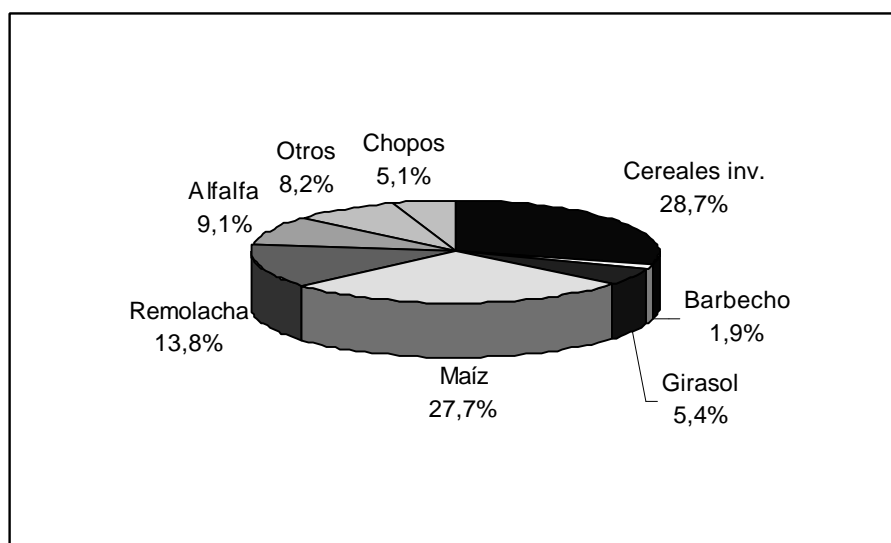
### 3. PRESENTACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La evaluación del impacto de las distintas políticas de gestión de recursos hídricos necesita concretarse en el análisis de sistemas reales de agricultura de regadío. Para ello, la aplicación práctica de la metodología propuesta se realizará sobre la Comunidad de Regantes del Bajo Carrión, situada en Palencia (España).

En total la zona comprende 6.600 has regadío, integrando a 907 comuneros, lo que implica una superficie media por explotación de 7,42 has. El sistema de riego que predomina es por superficie, utilizando el riego por aspersion únicamente en el caso de la remolacha. El clima de la zona se puede calificar de continental, con inviernos largos fríos, que tan sólo permiten el desarrollo de cereales de invierno, y veranos calurosos más cortos. Las mayores precipitaciones se concentran en el otoño y la primavera.

La dotación de agua normal está entorno a los 4.000 m<sup>3</sup>/ha, repartido durante toda la campaña de riego (1 de abril - 31 de septiembre). La distribución general de cultivos en un año medio, sin restricciones de agua, suele ser como se muestra en la figura siguiente.

**Figura 1. Distribución de cultivos en la CR del Bajo Carrión.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CR del Bajo Carrión.

La elección de esta zona se ha debido tanto a sus características técnicas (homogeneidad de las explotaciones integrantes en cuanto a dimensiones y suelos), que la hacen muy adecuada para la aplicación de la metodología propuesta, como a razones de orden práctico, por la buena disposición de datos de calidad.

#### **4. OBTENCIÓN DE DATOS.**

Las fuentes consultadas para reunir la información necesaria fueron tanto oficiales (facilitados 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.

#### **5. MODELO MULTICRITERIO.**

Tal y como hemos expuesto, el agricultor 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 (plan de cultivos). Para ello dispone, como *variables de decisión*, la posibilidad de asignar a cada actividad (cultivo) una determinada superficie ( $X_i$ ). Con el valor que conceda a cada una de ellas el productor pretende la consecución de distintos *objetivos*. En definitiva, la programación multicriterio establece matemáticamente los valores de las variables decisionales eficientes de acuerdo con estos objetivos, simulando el proceso mental 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.

##### **5.1. Variables.**

Las variables que se consideran en el modelo son las superficies destinadas a cada uno de los cultivos ( $X_i$ ), tal y como se ha descrito en el apartado anterior.

##### **5.2. Objetivos.**

Los objetivos que a priori vamos a definir como los más relevantes para explicar el comportamiento de los agricultores del área de estudio (los que utilizaremos para el cálculo de la matriz de pagos), son:

- a) *Maximizar el Margen bruto (MB)*

- b) *Minimizar el Riesgo (VAR).*
- c) *Minimizar la Mano de obra (MO)*

### 5.3. Restricciones.

En cuanto a restricciones, el modelo desarrollado cuenta con las siguientes:

- a) *Utilización de la superficie total.*
- b) *Limitaciones de la PAC (retirada, girasol, remolacha, etc.).*
- c) *Sucesión y frecuencia de los cultivos.*
- d) *Limitaciones de mercado y limitaciones tradicionales.*

### 5.4. Resultado del modelo multicriterio.

- a) *Matriz de Pagos.*

Una vez definido el modelo, sucesivamente hemos optimizando los distintos objetivos propuestos: maximizar MB y minimizar VAR y MO. Con los valores obtenidos se obtiene la siguiente matriz de pagos:

**Tabla 1. Matriz de pagos.**

<i>Valores Alcanzados</i>	<i>Valores Óptimos</i>			<b>Realidad</b>
	<b>MB</b>	<b>VAR</b>	<b>MO</b>	
<b>MB</b>	14.127.856	3.413.705	2.776.138	12.328.862
<b>VAR</b>	39.454	558	863	21.283
<b>MO</b>	810,3	93,9	40,0	706,5

- b) *Programación por metas ponderadas.*

De la resolución del modelo antes expuesto, se han obtenido las siguientes ponderaciones de los diferentes objetivos:

$$\begin{aligned} W_1 \text{ (maximizar el margen bruto MB)} &= 0,8321 \\ W_2 \text{ (minimizar el riesgo VAR)} &= 0,1679 \\ W_3 \text{ (minimizar la mano de obra MO)} &= 0,0000 \end{aligned}$$

Ante los resultados obtenidos es más realista concluir afirmando que a nivel agregado los agricultores de regadío del Bajo Carrión maximizan el margen bruto (MB) con un peso aproximado de 0,8321 y minimizan el riesgo (VAR) con un peso

aproximado de 0,1679. Es decir, el comportamiento relevado por los agricultores a nivel agregado queda subrogado por una función de utilidad del tipo:

$$U = 83,21\% \text{ MB} - 16,79\% \text{ VAR}$$

Será ésta expresión pues, la que emplearemos para la simulación realizada en el próximo apartado.

## **6. SIMULACIÓN. CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA.**

La simulación que nos permite obtener la demanda de agua de riego en la zona de estudio para un determinado precio del recurso consiste en calcular un modelo similar al que habíamos planteado hasta ahora, con tan sólo tres diferencias:

1. La función a optimizar (maximizar) es la función de utilidad anteriormente obtenida.
2. Para el cálculo del margen bruto ( $MB_i$ ) para cada uno de los cultivos consideraremos un coste extra, generado por el precio del agua considerado en cada escenario.
3. Introducimos nuevas actividades para posibilitar la modelización de los cultivos con riegos deficitarios.

A este último respecto hemos de señalar como en nuestro modelo de simulación no vamos a asignar una única actividad por cultivo. En nuestro interés por modelizar estos sistemas agrarios con la mayor fidelidad posible, hemos optado por introducir la posibilidad que los agricultores realicen riegos deficitarios. Así, para los cultivos señalados arriba, vamos a establecer diferentes dosis de riego. Para cada uno de ellas habrá de asignarles un rendimiento esperado diferente.

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 ptas/m<sup>3</sup>, tal y como es actualmente. Este precio será en 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 (curva de demanda de agua de riego), la renta y el empleo generado, la recaudación obtenida por el Estado y los fertilizantes consumidos.

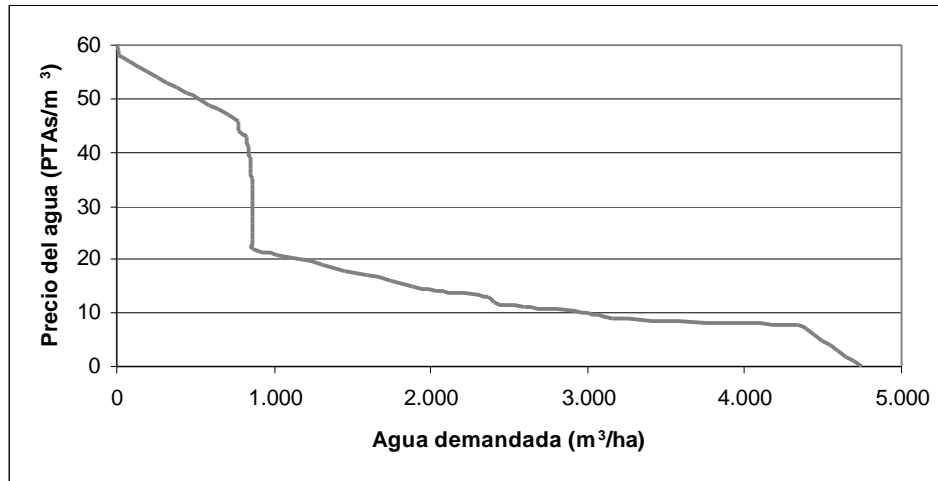
## **7. RESULTADOS.**



## 7.1. Consumo de agua.

Los resultados de la simulación antes apuntada puede observarse gráficamente como curva de demanda de agua en la Figura 2.

**Figura 2. Curva de demanda de agua para riego.**



En la misma se pueden observar dos tramos diferenciados:

- **Tramo A (0–8 ptas/m³):** ("*relativamente inelástico*"). Durante el mismo la reacción es inelástica; es decir, ante un aumento del precio del agua el agricultor se resiste a cambiar de planes de cultivo para reducir su consumo de agua.
- **Tramo B (>9 ptas/m³):** ("*elástico*"). La curva precio-consumo de agua tiene una forma totalmente elástica; es decir, ante aumentos sucesivos del precio, el agricultor altera sus planes de cultivo, introduciendo progresivamente aquéllos con menor consumo hídrico.

## 7.2. Impacto económico: renta agraria y recaudación estatal.

En general, la política de tarifación del agua supone una importante disminución de la renta de los agricultores, motivada por un doble motivo: los pagos originados por el propio precio del agua (redistribución de rentas), y por el abandono de los cultivos que le generan mayores beneficios, normalmente los más exigentes en agua: maíz, alfalfa o remolacha (ineficiencia económica inducida por la tarifación).

Un análisis de cómo va disminuyendo la renta (medida como margen bruto) en los tramos de tarifas ya descritos, puede observarse en la Tabla 2. El tramo A de la tabla supone una importante disminución de rentas, con disminuciones del margen bruto del 26%. La pérdida de renta durante este tramo es en buena medida una

transferencia de recursos del sector privado (agricultor) al Estado (recaudación), ya que esta bajada del margen bruto se debe esencialmente al pago del precio público del agua.

**Tabla 2. Variación de la Renta, la Recaudación Estatal, la demanda de mano de obra y el uso de fertilizantes en función del precio del agua.**

Precio	Reducción	Reducción del Margen Bruto		Recaudación	Reducción	Reducción
	del consumo de agua (%)	PTAs/ha	% MB inicial	estatal (PTAs/ha)	del empleo (%)	del abonado (%)
0	0%	0	0%	0	0%	0%
1	1%	5.227	4%	4.700	0%	1%
2	2%	10.351	7%	9.296	0%	3%
3	3%	15.371	10%	13.789	0%	4%
4	4%	20.289	14%	18.179	1%	5%
5	5%	25.103	17%	22.466	1%	6%
6	7%	29.813	20%	26.650	1%	8%
7	8%	34.421	23%	30.730	1%	9%
8	9%	38.926	26%	34.707	1%	10%
9	34%	43.610	30%	28.385	2%	15%
10	37%	47.062	32%	30.011	3%	16%
12	49%	52.918	36%	28.900	9%	22%
14	57%	57.725	39%	28.465	13%	26%
16	63%	61.510	42%	27.870	14%	32%
18	69%	64.130	43%	26.110	16%	38%
20	76%	65.585	44%	23.186	17%	44%
30	82%	72.714	49%	25.830	18%	50%
40	82%	81.941	55%	33.586	18%	50%
50	89%	93.839	63%	25.766	39%	58%
60	100%	99.546	67%	0	71%	71%

Durante el tramo A apenas hay alteración en los planes de cultivo, y por tanto reducción del consumo de agua es muy escasa (9%). En estas circunstancias este tipo de política de precios no tendría mucho sentido. Si el objetivo de la política de precios del agua fuera reducir su consumo a través de los precios, se deduce que hay que llegar a precios más altos del recurso (superior a 8 ptas./m<sup>3</sup>) para poder obtener un ahorro significativo. Sólo entonces el agricultor comienza a cambiar sus planes de cultivo (tramo B). Tal circunstancia implicaría, sin embargo, disminuir aún más las rentas de los agricultores.

Respecto a la recaudación estatal señalar que sería en la frontera entre el tramo A y el B (8 ptas./m<sup>3</sup>) donde ésta sería máxima, con recaudaciones que alcanza las 37.707 ptas./ha. No obstante, una vez superados los niveles máximos de recaudación, hemos de apuntar que los precios del tramo B son económicamente

ineficientes, ya que si bien existe una reducción del consumo del agua, las cantidades recaudadas por el Estado son muy inferiores a las pérdidas de rentas ocasionadas en los agricultores (ver Tabla 2), siendo la resultante económica global perjudicial para el conjunto de la sociedad.

### **7.3. Impacto social: generación de empleo.**

El incremento del precio del agua produce, paralelamente a la disminución de su consumo, una importante disminución del empleo directo generado por el sector agrícola, ya que se van sustituyendo cultivos más demandantes de mano de obra (maíz, alfalfa, remolacha) por otros con menores requerimientos (cereales de invierno, girasol). Tal circunstancia puede observarse en la Tabla 2.

Como era de esperar, durante el tramo A, no existe apenas disminución de empleo generado (pequeños cambios de cultivos). Sin embargo, tal circunstancia si ocurre en el tramo B. Esta disminución supone una merma total del empleo agrario de hasta el 71% en la zona regable.

### **7.4. Impacto ambiental: uso de fertilizantes.**

También la tarifación del agua de riego supone una bajada en el uso de fertilizantes. Esto se debe a que en la producción agraria el consumo de agua va ligado con el de abonos. Así, cuando el agua se convierte en un factor limitante, el uso óptimo de los fertilizantes exige su disminución (mayores aportaciones no podrían ser absorbidas, e incluso tendrían el efecto nocivo de salinizar el suelo).

Las disminuciones en el uso de abonos no se hace efectiva hasta el tramo B, ya que durante el primer tramo no hay apenas cambios en los planes de cultivos. Puede observarse como durante el tramo de B disminuyen las aportaciones de abonos notablemente. Sobre las cantidades aportadas a los cultivos en la situación inicial, la bajada del abonado nitrogenado (UFN/ha) puede cuantificarse en hasta el 71%.

## **8. CONCLUSIONES.**

En relación a los resultados obtenidos, este trabajo parece demostrar que la política de precio del agua no es un instrumento adecuado para reducir significativamente los consumos hídricos del regadío. La razón es que los consumos no se reducen hasta alcanzar unos precios elevados del agua, y tiene como consecuencia no deseada la de afectar gravemente a la renta de los agricultores y a la generación de empleo en ámbito rural.

En el caso de aplicar una política de precios del agua, las consecuencias derivadas de la misma serían de distinto tipo:

- **Económicas.** El margen bruto del agricultor se tiene que reducir en torno a un 25% para que empiece a reducirse el consumo de agua de forma significativa. Esto afecta gravemente a la renta agraria y a la competitividad de la agricultura española de regadío.
- **Sociales.** Cuando los cultivos más demandantes de agua ven reducidas sus posibilidades y área de cultivo, se produce una pérdida de empleo en el sector agrícola y una repercusión en las industrias asociadas a esos cultivos.
- **Ambientales.** Se disminuye el uso de fertilizantes nitrogenados, causantes de problemas de contaminación difusa y salinización. No obstante este beneficio es de difícil cuantificación, y podrían conseguirse de forma más eficiente con medidas de formación de los agricultores.

Estas conclusiones se han basado en el análisis detallado de una única zona regable. Por ello, parece arriesgado extrapolar éstas al conjunto de comunidades de regantes. Se propone pues, la aplicación de la misma a otras zonas representativas del heterogéneo regadío español. Así se podrían obtener conclusiones más amplias del impacto de la tarificación del agua.

## BIBLIOGRAFIA

**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: 95-109.

**Berbel, J.; Jiménez, J.F.; Salas, A.; Gómez-Limón, J.A. y Rodríguez, A.** (1999) *Impacto de la política de precios del agua en las zonas regables y su influencia en la renta y el empleo agrario*. Federación Nacional de Comunidades Regantes de España, Madrid.

**Berbel, J.; Cañas, J.A.; Gómez-Limón, J.A.; López, M.J. y Arriaza, M.** (1999) *Micromodelos de gestión de agua de riego. Análisis del impacto socioeconómico y ambiental de una política de precios*. Vistalegre, Córdoba.

**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: 219-238.

**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*, Vol. 10 (1): 103-123.

**Gómez-Limón, J.A.; Sánchez, F.J.; Rodríguez, A. y Lara, P.** (1996) "Socioeconomic Impact Evaluation of the Drought in Irrigated Lands in Southern Spain: A Multicriteria Decision Making Approach". *Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems*, 455: 84-92.

**Gómez-Limón, J.A., y Berbel J.** (1999) "Multicriteria Analysis Of Derived Water Demand Functions: A Spanish Case Study". *Agricultural Systems*, 63: 49-7.

**Rehman, T. y Romero, C.** (1993) "The Application of the MCDM Paradigm to the Management of Agricultural Systems: Some Basic Considerations". *Agricultural Systems*, 41: 239-255.

**Romero, C. y Rehman, T.** (1989) *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. Elsevier, Amsterdam.