

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE LAS ÁREAS DE RIEGO EN ANDALUCÍA

Noelina Rodríguez Ferrero (nrferrer@ugr.es)

Manuel Salas Velasco (msalas@ugr.es)

M^a Teresa Sánchez Martínez (tsanchez@ugr.es)

Departamento Economía Aplicada (Universidad de Granada)

Campus Universitario Cartuja, s/n, 18071, Granada

RESUMEN

Las políticas expansionistas del regadío han dado lugar a un uso exhaustivo del agua, que ha esquilado los ríos y acuíferos, con altos costes añadidos en términos de subvenciones encubiertas a la agricultura de regadío. La escasez de agua se ha convertido en una preocupación social y económica cada vez mayor para los responsables de formular políticas de agua y ha fomentado la conflictividad entre sus usuarios, especialmente cuando ésta se usa como factor de producción. La mejora de la eficiencia en la asignación del agua de riego, debido a su escasez, es una cuestión que preocupa a planificadores hidrológicos y economistas pues no es posible seguir gestionando el agua de riego con las pautas actuales. Es necesario introducir parámetros económicos en la gestión de este recurso para lograr su uso eficiente que permita conseguir la misma producción con un menor consumo. Por este motivo, este trabajo pretende determinar las causas que motivan la eficiencia en el uso de los recursos productivos, entre ellos el agua.

El principal objetivo de este trabajo es analizar empíricamente las diferencias que existen en la eficiencia económica de las 156 áreas de riego andaluzas, pues para conseguir una mejor gestión del agua de riego es imprescindible conocer este parámetro y poder hacer estudios comparativos encaminados a identificar las causas, modificables o no, que motivan las diferencias en la eficiencia. Este trabajo aporta, en definitiva, un estudio sobre la racionalidad económica en el empleo de recursos escasos, entre ellos el agua.

Clasificación Código JEL: Q10, Q25, C23 y C60.

1. Introducción

Andalucía dispone actualmente de una superficie regada cercana a las novecientas mil hectáreas, el 22,86% de su suelo cultivado y el 10,2% de su territorio. Genera el 57% de la producción final agraria y el 60% del empleo total de este sector, por lo que el agua es un factor clave para el desarrollo de la agricultura andaluza. Los regadíos andaluces han crecido ininterrumpidamente como consecuencia de una larga política de regulación y distribución de los recursos hídricos destinados a la agricultura. El esquema común de la política de aguas desde principios del siglo XX, siguiendo el modelo regeneracionista, fue el desarrollo de infraestructuras hidráulicas de regulación para disponer de caudales en la época de estiaje y realizar a continuación la transformación del secano en regadío.

La idea de progreso técnico como motor de la regeneración de España definía el imaginario colectivo a finales del siglo XIX y en las primeras décadas del siglo XX, la simple supervivencia alimentaría pasó a ser el argumento irrefutable de la extensión del regadío desde los albores del pasado siglo, no obstante la falta de recursos económicos en nuestro país, impidió la puesta en práctica del modelo, que de hecho se inició con cierto vigor en los primeros años de la década de los 50. Más tarde en los años 60 y 70, el desarrollo económico asociado a la construcción de infraestructuras fue el mito social indiscutible.

Estas políticas expansionistas han dado lugar a un uso exhaustivo del agua, que ha esquilado los ríos y acuíferos, con altos costes añadidos en términos de subvenciones encubiertas a la agricultura de regadío. La escasez de agua se ha convertido en una preocupación social y económica cada vez mayor para los responsables de formular políticas de agua y ha fomentado la conflictividad entre sus usuarios, especialmente

cuando ésta se usa como factor de la producción. La mejora de la eficiencia en la asignación del agua de riego, debido a su escasez, es una cuestión que preocupa a planificadores hidrológicos y economistas, pues el agua en el último siglo ha pasado de ser un patrimonio natural común, libre y gratuito a recurso económico, mientras que actualmente la protección del medioambiente es el argumento emergente y el concepto políticamente más correcto (Aguilera Klink, 2003). En esta línea la *Directiva Marco Europea para una Política de Aguas* contempla las condiciones para conservar y recuperar el buen estado ecológico de las aguas. Como consecuencia, el regadío andaluz verá agravada aún más la tensión hídrica que ya sufría por razones cuantitativas¹, también por razones ecológicas (MAPA, 2001).

En los regadíos andaluces existe una gama diversa de cultivos; asimismo hay grandes diferencias en lo que respecta a los factores que intervienen: dotaciones y origen del agua, sistemas de riego y condiciones climáticas y edafológicas; también ha influido en la citada diversidad la estructura de la propiedad. Se podrían destacar dos grandes tipos de agricultura de regadío:

- El regadío de la zona de interior, donde predominan los cultivos extensivos, el olivar y otros frutales, usualmente con un grado bajo de tecnificación aunque con una clara tendencia a su modernización. La producción de estos cultivos está protegida por las ayudas del FEOGA-Garantía, por tanto su viabilidad económica depende en cierto modo de la PAC. Un caso representativo de este tipo de agricultura es el olivar de Jaén, zona en la que actualmente predomina el riego localizado.

¹ El crecimiento del regadío en Andalucía ha superado al menos en un 30% las previsiones al horizonte 2012, de los Planes Hidrológicos de Cuenca vigentes, sin haber construido alguna de las obras de regulación incluidas en estos planes.

- El regadío de la costa, especializado en cultivos de mayor valor económico y con un grado de tecnificación superior predominando en esta zona el riego localizado. Como máximos representantes de este tipo de agricultura se podría citar el cultivo de la fresa en Huelva y los cultivos bajo invernadero de la costa almeriense y granadina (Rodríguez Díaz *et al.* 2004). A diferencia de lo que ocurre con los extensivos, la viabilidad económica de los cultivos intensivos de regadío no depende de la PAC, dado que los precios de hortalizas y frutas están determinados por factores de mercado y de competitividad. Dada su vocación exportadora, la principal amenaza que puede afectar a estas producciones procede de la creciente competencia que ejercen países de la ribera sur mediterránea y del ámbito austral (Rico Amorós, 2006).

Consecuentemente la eficiencia socioeconómica y las perspectivas de futuro de estos dos tipos de agricultura son diferentes. Otro factor de inseguridad para el regadío andaluz es la disponibilidad del agua, en la cuenca del Guadalquivir por el exceso de superficie regada y en las cuencas mediterráneas y atlánticas por la amenaza de sobreexplotación de los acuíferos. Por lo tanto, los productores agrícolas en general se enfrentan a cierta incertidumbre acerca de la asignación final de agua (López Martos y Rodríguez Ferrero, 1997; Calatrava y Garrido, 2005).

La escasez de agua así como el principio de recuperación de costes, introducido por la *Directiva Marco Europea*, hacen absolutamente necesario que la gestión de este recurso responda tanto a criterios ingenieriles, jurídicos y económicos, cuando se utiliza en actividades de este carácter. Por ello, el principal objetivo de este trabajo es analizar empíricamente las diferencias que existen en la eficiencia económica de las 156 áreas de

riego andaluzas²; pues para conseguir una mejor gestión del agua de riego es imprescindible conocer este parámetro y poder hacer estudios comparativos encaminados a identificar las causas, modificables o no, que motivan las diferencias en la eficiencia.

Este trabajo aporta, en definitiva, un estudio sobre la racionalidad económica en el empleo de recursos escasos, entre ellos el agua. Las cuestiones metodológicas asociadas al cálculo de la eficiencia, sus determinantes así como sus cambios temporales se abordan en el apartado siguiente. En el tercer epígrafe se describen las variables utilizadas y los resultados obtenidos del análisis realizado así como los principales factores que explican la eficiencia de totalidad de las áreas de riego andaluzas. Por último, en el apartado cuarto se resumen las principales conclusiones y recomendaciones que se deducen de este trabajo.

2. Metodología

2.1. Análisis de la eficiencia de las áreas de riego andaluzas

El concepto de eficiencia se refiere a la relación existente entre los recursos o *inputs* que se incorporan a un proceso productivo (industrial, agrícola, educativo, etc.) y los *outputs* generados por el mismo (automóviles, productos agrícolas, individuos formados, etc.). Es decir la eficiencia indica la productividad de los recursos. Se dice que un proceso productivo es eficiente si se obtiene el máximo de producto u *output* a partir de unos *inputs* o recursos dados (orientación *output*); o bien si se obtiene un *output* dado consumiendo la menor cantidad posible de *inputs* (orientación *input*).

² Unidad básica de planificación de los regadíos andaluces, establecida por las autoridades agrarias, de forma que todo el territorio de la comunidad autónoma de Andalucía se ha dividido en 156 áreas de riego.

El concepto de eficiencia, aplicado a las áreas de riego andaluzas, implicaría que éstas obtengan una determinada producción agrícola minimizando el consumo de recursos como agua, mano de obra, etc. Un área de riego será considerada relativamente eficiente si no existe ninguna otra tecnológicamente similar en la muestra que obtenga el mismo valor de la producción bruta utilizando menos de algún factor productivo y no más de los restantes (eficiencia en términos de *input*). Por tanto, una mejor gestión del regadío, por lo general, requeriría introducir políticas destinadas al aumento de la eficiencia de los *inputs*, entre ellos principalmente el agua, puesto que "se puede lograr más con menos agua" a través de una mejor gestión (Allan, 1999).

Un método apropiado para evaluar la eficiencia productiva de las áreas de riego es el método DEA (*data envelopment analysis*-método envolvente de datos). La metodología DEA, establecida por Charnes *et al.* (1978), es una aproximación no paramétrica para evaluar el desempeño de los productores contenidos en una muestra, llamados DMUs (*decision making units* o unidades tomadoras de decisiones), los cuales convierten múltiples *inputs* en múltiples *outputs*. En nuestro caso, el DEA trataría de valorar el grado de pericia con que una unidad de riego lleva a cabo el proceso técnico de conversión de los *inputs* en *outputs*, comparando para ello su actividad con la de otras unidades muestrales que, siendo tecnológicamente homogéneas, son eficientes relativamente. En resumen, el método DEA determinaría como eficientes a aquellas unidades de riego que, en términos relativos, consuman menos *inputs* para un nivel de *output* dado; lo que puede ayudar a los gestores de la política de aguas a conocer donde la aplicación del agua va a generar un beneficio mayor.

El análisis envolvente de datos se formula como un problema de optimización matemática condicionada (Expresión 1). En general, si hay n productores a evaluar, que utilizan m factores (*inputs*) y obtienen s productos (*outputs*), DEA calcula la eficiencia

técnica relativa de cada productor (1, 2, ..., n). Específicamente, DMU_j consume la cantidad x_{ij} del *input* i y produce la cantidad y_{rj} de *output* r . Asumimos que $x_{ij} \geq 0$ y $y_{rj} \geq 0$ y además asumimos que cada DMU tiene al menos un *input* y un *output* de valor positivo. El conjunto de posibilidades de producción, que implícitamente considera el modelo CCR original (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978), verifica la libre disponibilidad de *inputs* y *outputs*, rendimientos constantes de escala y convexidad.

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ & \text{Sujeto a} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io} \quad i=1,2,\dots,m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro} \quad r=1,2,\dots,s \\ & \lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n \\ & s_i^- \geq 0; s_r^+ \geq 0 \end{aligned}$$

Expresión 1

En la expresión 1, λ_j y θ son las variables del modelo; y s_i^- y s_r^+ representan holguras de *input* y *output*, respectivamente. En este caso, estamos evaluando la eficiencia de la DMU “o” ($DMU_j = DMU_o$)³. Resolviendo este modelo de programación J veces, una para cada DMU, nos da un vector de estimaciones de eficiencia técnica. Una unidad es 100% eficiente si y solo si $\theta^* = 1$ $\{ \theta^* (= \min \theta) \}$ y $s_i^- * = 0$ y $s_r^+ * = 0$ para todo i y r . Una puntuación igual a 1, junto con valores nulos para las holguras, indica que la unidad en cuestión obtiene una producción dada a partir del consumo mínimo de los recursos disponibles para ella y las condiciones bajo las que

³ La variable θ representa la eficiencia técnica global; λ_j es el vector de n elementos que representan la influencia que cada DMU tiene en la determinación de la eficiencia de la DMU_o evaluada.

opera. Una puntuación que es menor que 1 ($\theta^* < 1$) indica que la unidad productiva evaluada es técnicamente ineficiente, por cuanto puede reducir las cantidades empleadas de todos sus *inputs* en una proporción igual a $(1 - \theta^*)$.

2.2. *Determinantes de la eficiencia*

Normalmente, como es nuestro caso, tendremos datos de panel, es decir, un conjunto de áreas de riego que son observadas en distintos momentos del tiempo. Para cada año, acometeremos un estudio de eficiencia con la metodología DEA propuesta anteriormente, obteniendo un índice de eficiencia para cada área de riego. Ahora bien, el estudio de la eficiencia se avala si se puede aportar algún análisis sobre las causas que originan los resultados. Esto se realiza frecuentemente en una segunda etapa, regresando los valores de eficiencia obtenidos en la primera etapa sobre una serie de variables explicativas que recogen determinantes específicos de cada área de riego. Al disponer de un número reducido, T , de observaciones de cada una de la muestra, podría pensarse en estimar un modelo econométrico con cada una de las T secciones cruzadas para luego comparar la evolución de los coeficientes del modelo a lo largo del tiempo. Hay principalmente dos tipos de razones que desaconsejan esta estrategia (Arellano y Bover, 1990; Novales, 1993). Una de ellas es que la búsqueda de eficiencia sugeriría la estimación simultánea con las T secciones cruzadas, es decir, con todo el panel de datos, para explotar óptimamente el hecho de que las áreas de riego en cada sección cruzada sean las mismas; por otro lado, los datos de panel permiten la estimación de modelos que tienen en cuenta diferencias permanentes entre las áreas de riego aunque éstas no se observen⁴.

La especificación general de un modelo econométrico de datos de panel es:

⁴ Si esta heterogeneidad permanece relativamente constante a lo largo del tiempo, el panel puede solucionar el problema. Por ejemplo, las características climáticas y edafológicas se pueden considerar como relativamente constantes y son típicamente inobservables.

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \eta_i + v_{it} \quad (i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T)$$

Expresión 2

En donde y_{it} es la variable dependiente, en nuestro caso, la eficiencia del área de riego i en el año t ; x_{it} es un vector de variables explicativas observables (alternativa de cultivos, estructura de la propiedad, sistema de distribución del agua a la parcela y dedicación del agricultor a la actividad agraria); β es el vector de parámetros a estimar; η_i es un efecto individual⁵; y v_{it} un término de perturbación.

En el caso de las áreas de riego se conoce que existen correlaciones entre la variable aleatoria no observable η_i y las características observables x_{it} (por ejemplo, el tipo de cultivo depende, crucialmente, del tipo de suelo y de las condiciones climáticas). En este caso, se estaría ante el *modelo de efectos fijos*. Ahora bien, dado que los índices de eficiencia toman valores comprendidos entre 0 y 1 (variable dependiente), desde la perspectiva econométrica esto plantea un problema de censura en los datos que sesgaría las estimaciones MCO (mínimos cuadrados ordinarios) realizadas en la muestra de productores. Para solventarlo, el procedimiento elegido en este trabajo consiste en estimar por máxima verosimilitud un *modelo tobit de efectos fijos*⁶.

2.3. Cambios en la productividad

La información proporcionada por el método DEA es de carácter estático y, obviamente, en los estudios históricos resulta fundamental ofrecer un análisis temporal. El índice de productividad de Malmquist, que por otro lado también se basa en el método anterior, proporciona esa perspectiva dinámica⁷; este índice fue introducido

⁵ Recoge el efecto de variables no observables, características de cada área de riego, estables en el tiempo (como condiciones climáticas y edafológicas).

⁶ El *modelo tobit* fue propuesto por James Tobin en 1958 (Tobin, 1958).

⁷ Los cambios en la productividad total de los factores mediante el índice de Malmquist pueden calcularse solamente cuando se dispone de un panel de datos.

originalmente en el ámbito de la teoría del consumo (Malmquist, 1953) y posteriormente fue aplicado a la medición de la productividad por Caves *et al.* (1982), en un contexto de funciones de producción, y por Färe *et al.* (1994) en un contexto (DEA) no paramétrico.

El índice de Malmquist entre los períodos t y $t+1$, tomando como referencia la tecnología del período t ($M_{t,t+1}^t$), es el cociente entre el índice de eficiencia de la observación correspondiente al último período, evaluada respecto a la frontera eficiente del primer período (E_{t+1}^t), y el índice de eficiencia de la observación del primer período, comparada con la frontera de ese mismo momento (E_t^t). Un índice superior a la unidad significa que la productividad ha mejorado del período t al $t+1$ mientras que valores menores a uno implican un retroceso en este aspecto.

Es posible descomponer la variación de la productividad en dos componentes, de modo que el índice anterior sea igual al producto de ambos. El primero recoge la variación debida al desplazamiento de la frontera eficiente, por lo que expresa el grado en que el sector ha experimentado un cambio técnico. De manera similar a los casos descritos con anterioridad, valores superiores a la unidad indicarían progreso tecnológico y valores inferiores retroceso tecnológico⁸. El segundo, cambio en eficiencia o *catching-up*, expresa la variación achacable a la mejoría del rendimiento relativo de la unidad respecto a las mejores de cada período, esto es, su acercamiento a la frontera eficiente, en caso de que el valor sea mayor que uno, o su alejamiento de la misma, en caso de que sea inferior a la unidad⁹.

⁸ El desarrollo tecnológico muestra los incrementos de producto que podrían lograrse, de un período a otro, sin alterar las cantidades de *inputs* empleadas. Esto último podría ocurrir por la introducción de nuevas técnicas o métodos de producción.

⁹ Para más detalles, véanse Färe *et al.* (1985) y Bjurek (1996), entre otros.

3. Hallazgos empíricos

3.1. Datos y variables

Los valores de la eficiencia del agua en las diferentes áreas se han obtenido de la información facilitada por los *Inventarios y Caracterización de los Regadíos de Andalucía* (Consejería de Agricultura y Pesca, 1996, 2002)¹⁰: la superficie regada de cada área de riego, su alternativa de cultivos, la productividad bruta de éstos, su consumo de agua, así como el tamaño medio de las explotaciones, el régimen de tenencia de la tierra, el modo de aplicación del agua a la parcela, las características de la red de distribución del agua y la dedicación del agricultor. No obstante, dado que esta base de datos no contenía información relativa a los costes de explotación, se han utilizado los calculados para cada uno de los cultivos en las diferentes áreas de riego por Rodríguez Ferrero y Sánchez Martínez (2007) en el marco del proyecto de *Las Cuentas del Agua en Andalucía*, financiado por el Instituto del Agua de dicha Comunidad¹¹.

¹⁰ Únicos años para los que se ha publicado esta información.

¹¹ Característica diferencial con respecto a otros estudios, entre ellos Rodríguez Díaz *et al.* (2004) y Amores y Contreras (2009), que no consideran los costes de explotación.

TABLA 1. Definición de las variables usadas en el análisis de la productividad de las áreas de riego (1996 y 2002)

Variables incorporadas en la primera etapa (método envolvente de datos – DEA)

Variables de inputs:

SUPERFIC	Superficie agrícola (medida en hectáreas) que en un año climatológicamente normal es regada cualquiera que haya sido la duración o número de riegos, incluidos los riegos eventuales o de apoyo.
COSTE_EX	Coste de explotación. Incluye: mano de obra, semillas, abonos, fertilizantes, maquinaria, energía y coste del agua.
CON_AGUA	Consumo de agua: Volumen de agua por unidad de superficie (m ³ /ha) que es suministrada en cabecera del sistema para una campaña tradicional de riego.

Variable de output:

PRO_BRUT	Producción bruta (euros/ha): rendimiento físico medio (kg/ha) multiplicado por el precio medio percibido por el agricultor (euros/kg).
-----------------	--

Variables incorporadas en la segunda etapa (análisis de regresión tobit)

Variables explicativas o independientes:

TAMEXP	Tamaño medio de la explotación (número de hectáreas).
PROPIED	Régimen de tenencia de la tierra (porcentaje de las explotaciones en régimen de propiedad).
R_ASPERS	Porcentaje de superficie regada por aspersión.
R_GRAVED	Porcentaje de superficie regada por el sistema de riego por gravedad.
R_LOCALI	Porcentaje de superficie regada mediante riego localizado.
ACTIERRA	Porcentaje de la superficie regada mediante acequia de tierra.
ACREVEST	Porcentaje de la superficie regada mediante acequia revestida.
ACTUBERI	Porcentaje de la superficie regada mediante tubería.
UNICAACT	Porcentaje de superficie regada en la que el agricultor se dedica a la agricultura como única actividad.
ACTIVPRI	Porcentaje de superficie regada cuyo empresario agrícola se dedica a la agricultura como actividad principal.
ACTIVSEC	Porcentaje de superficie regada cuyo empresario agrícola dedica a la agricultura como actividad secundaria.
EXTINVIE	Porcentaje de superficie regada dedicada a cereales.
EXTVERAN	Porcentaje de superficie regada dedicada a maíz y girasol.
SEMIYOTR	Porcentaje de superficie regada dedicada a algodón, remolacha y forrajes.
FRESAS	Porcentaje de superficie regada dedicada al cultivo de la fresa.
FRUTALES	Porcentaje de superficie regada dedicada a frutales de hueso y pepita, y cítricos (naranjos y limonero).
SUBTROPI	Porcentaje de superficie regada dedicada a frutales subtropicales (aguacate, chirimoya, mango).
HORT_INV	Porcentaje de superficie regada dedicada a los hortícolas al aire libre y bajo plástico.
OLIVAR	Porcentaje de superficie regada dedicada al cultivo de olivo.
ARROZ	Porcentaje de superficie regada dedicada al arroz.

Variable dependiente:

INDICE	Índices de eficiencia (de 0 a 1) obtenidos del DEA.
---------------	---

3.2. Resultados del DEA

En la tabla 1 se resume la información referida a las variables utilizadas tanto en la primera etapa (estudio de la eficiencia) como en la segunda etapa (factores explicativos de la eficiencia). Los resultados de la medición de la eficiencia de las áreas de riego mediante la técnica DEA (primera etapa) se muestran en los mapas 1, 2 y 3 y en las tablas 2 y 3. La tabla 4 y los mapas 1 y 2 recogen los resultados de los factores que tienen más impacto en la mayor o menor eficiencia (segunda etapa). El análisis efectuado pone de manifiesto la gran heterogeneidad que existe en el regadío andaluz en relación con la eficiencia respecto al uso del agua y demás factores de la producción, lo que se debe, como se expondrá a continuación, a la alternativa de cultivos, que depende de las características climáticas y edafológicas de la zona, del sistema de riego predominante, de la estructura de propiedad e incluso de la tradición.

En el estudio de la eficiencia se ha considerado que las áreas de riego tienen como objetivo conseguir una determinada producción (producción bruta por hectárea) consumiendo la menor cantidad posible de agua y minimizando sus costes de explotación¹².

Eficiencia (%)	Superficie regada (ha)		% Superficie regada	
	1996	2002	1996	2002
Eficiencia = 100	28.587	23.929	3,51	2,68
100 > Eficiencia ≥ 95	11.670	32.211	1,43	3,61
95 > Eficiencia ≥ 80	481.743	234.105	59,04	26,22
80 > Eficiencia ≥ 60	256.372	559.597	31,42	62,66
Eficiencia < 60	37.548	43.167	4,60	4,83
Total	815.920	893.009	100,00	100,00

¹² También se introduce en el DEA la superficie regada (hectáreas) como *input*. Se ha considerado un modelo DEA orientado al *input* que asume rendimientos constantes de escala.

De los resultados obtenidos, se observa que las áreas eficientes tienen un peso muy pequeño respecto a la superficie regada en la comunidad andaluza (tabla 2). En 1996 están situadas en el sureste, en la costa de Almería y de Granada¹³, y suroeste español, en la costa de Huelva¹⁴ (mapa 1). En el año 2002 pasan a ser eficientes también algunas áreas del noreste andaluz, en la provincia de Jaén y alguna otra de la provincia Granada (mapa 2). En general, la eficiencia relativa en el regadío andaluz está, en promedio, en torno al 80%, como se observa en la tabla 3, lo que nos indica que el sector agrícola andaluz podría conseguir el mismo valor de la producción consumiendo un 20% menos de recursos, entre ellos el agua.

En el 2002 la eficiencia media disminuye en relación con 1996 como se observa en esta tabla. Este hecho responde a tres factores, los dos primeros se corresponden con el incremento de los costes de explotación, sobre todo de la mano de obra, y a la bajada de los precios percibidos por los agricultores por la competencia con otros países¹⁵. Como afirma Reig y Picazo (2002, p. 15)... “el rápido cambio técnico que ha incidido sobre el sector agrícola ha conllevado aumentos tan importantes de la productividad de los recursos agrícolas, que el desplazamiento de la oferta agraria se ha producido a un ritmo netamente superior al de la demanda, con el consiguiente efecto de declive de los precios agrícolas en relación con los de otros sectores de la economía, o en relación con una cesta de bienes como la que sirve de base para el cálculo del Índice de Precios al Consumo”. Por último, el tercer factor es que el consumo de agua por hectárea ha aumentado en el conjunto del regadío andaluz en un 3%.

¹³ En concreto Los Guiraos, Campo de Nijar y Poniente, en Almería y Motril Salobrena (cota 200), por lo que no todas las áreas de riego situadas en la costa de Granada y de Almería tienen el mismo grado de eficiencia, depende del porcentaje de superficie regada destinado a los hortícolas al aire libre y bajo plástico, así como de la dotación del agua.

¹⁴ Áreas de riego Condado Litoral y Palos de Moguer.

¹⁵ Las producciones agrícolas deberían incrementar su valor añadido, *in situ*, mediante técnicas de selección y presentación de sus productos y mejorando los canales de comercialización, pues en caso contrario no serán competitivas con terceros países, también cercanos a Europa, como son los de la Rivera Sur del Mediterráneo (Rodríguez Ferrero y Sánchez Martínez, 2008).

El mapa 3 muestra el cambio en la productividad de las áreas de riego andaluzas. El cambio total en productividad lo da el índice de Malmquist (*Malmquist productivity change index*). Las áreas de riego que mejoran su productividad entre 1996 y 2002 tienen un índice mayor que 1, y representan el 17,41% de la superficie regada (155.548 hectáreas); por el contrario, las que empeoran su productividad en 2002 en comparación con 1996 tienen un índice menor que 1, suponen el 80,53% (719.141 hectáreas); el resto, un 2,06% del regadío (18.410 hectáreas), han mantenido el mismo nivel de productividad. Como se ha comentado anteriormente, el regadío andaluz reduce su productividad en un 7% entre los dos años considerados (índice de Malmquist igual a 0,93).

3.3. *¿Qué factores explican la eficiencia de las áreas de riego?*

Para dar respuesta a esta pregunta, se estima un *modelo tobit de efectos fijos* a partir de los índices de eficiencia de la primera etapa (tabla 4). Los problemas importantes de multicolinealidad (relación lineal entre variables independientes) observadas en el modelo 1 hacen necesaria la estimación del modelo 2. De éste último se desprende que son, fundamentalmente, las diferentes alternativas de cultivos de las áreas de riego el principal factor que explica la eficiencia/ineficiencia económica (véase tabla 4 y mapas 1 y 2). Los productos agrícolas que más contribuyen a la eficiencia son, en este orden, las fresas, los hortícolas al aire libre y bajo plástico, el olivar, los frutales subtropicales, los extensivos de invierno y los frutales; lo contrario ocurre con el arroz. Se pueden hacer los siguientes comentarios en relación con estos cultivos:

El cultivo de la fresa es el que más impacto tiene sobre la eficiencia aunque ha agotado su posibilidad de expansión para consumo directo por razones comerciales. Ahora bien los productos derivados, así como la investigación que conseguiría mejorar las características organolépticas de la fresa sin disminuir el calibre podrían permitir una mayor superficie de

este cultivo. En cualquier caso, el regadío del arroz con aguas subterráneas en el borde de la zona fresera, situación que se está produciendo en la actualidad, es un contrasentido.

Los hortícolas tanto al aire libre como bajo plástico mejoran la eficiencia, pero la ampliación de estos cultivos sólo será posible, si se mejora su preparación y presentación en el mercado.

El olivar existente en Andalucía se riega casi en su totalidad, ahora bien sería necesario abandonar el menos eficiente, el de las zonas serranas pues además de su baja **productividad** está aumentando de manera alarmante la erosión en las cuencas andaluzas, e introducirlo en vegas cercanas al río Guadalquivir en la parte oriental de Córdoba y en la provincia de Jaén.

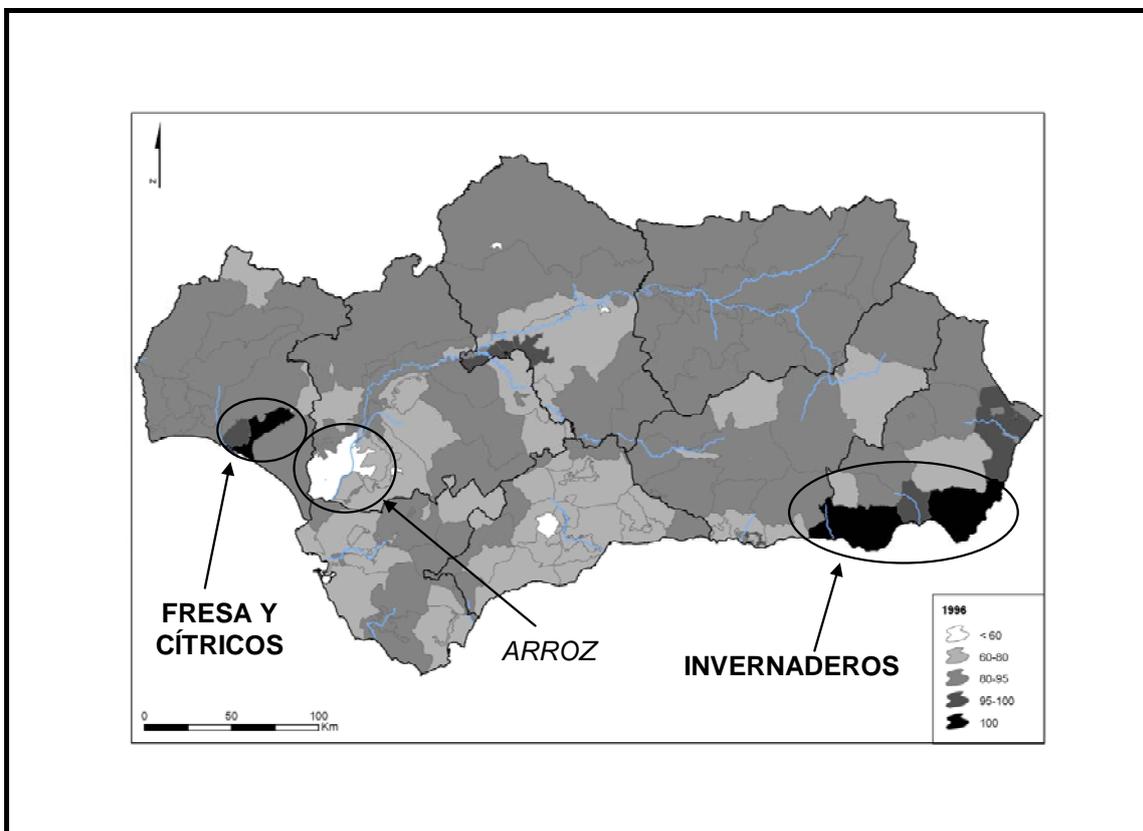
Los regadíos de subtropicales permitirían su expansión en las provincias de Granada y Málaga, mejorando su comercialización y siempre que el agua proceda de regadíos menos eficientes. El abandono de la caña de azúcar en las zonas citadas sería un paso en la buena dirección. El cambio hacia frutales de hueso en las vegas occidentales de Córdoba y en todas las de Sevilla sería también una buena decisión.

El arroz es el cultivo de mayor incidencia negativa en la eficiencia y teniendo en cuenta que parte de su superficie se riega con los caudales ecológicos del estuario del río Guadalquivir, necesita un cambio de las tomas de agua hasta el inicio del estuario, donde confluyen las aguas continentales y las de transición, así como la investigación de la viabilidad de un cambio de cultivos, ya que recientemente se han hecho experiencias con hortícolas al aire libre en primavera, cuando el riego requerido ha sido nulo o muy escaso, pues así lo ha permitido la pluviométrica de la zona.

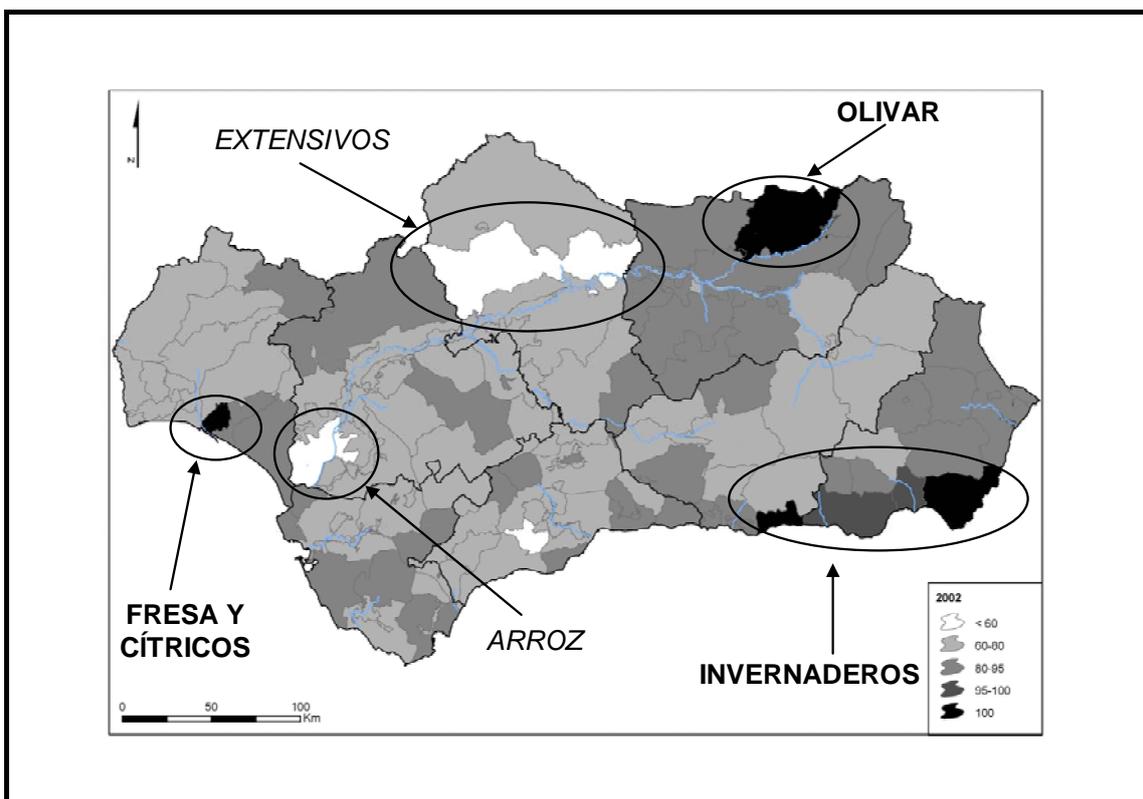
Otra variable significativa es la dedicación del agricultor a la actividad agraria, de tal forma que la no dedicación plena a esta actividad influye negativamente en la eficiencia en el uso de los factores productivos pues no obtienen de éstos su pleno rendimiento debido a

que se dedican al cultivo de productos que son fáciles de gestionar a distancia pero que generan un menor valor añadido.

Mapa 1. Eficiencia en las áreas de riego andaluzas (año 1996)



Mapa 2. Eficiencia en las áreas de riego andaluzas (año 2002)



Mapa 3. Cambio de eficiencia en las áreas de riego andaluzas entre 1996 y 2002 (Índice de Malmquist)

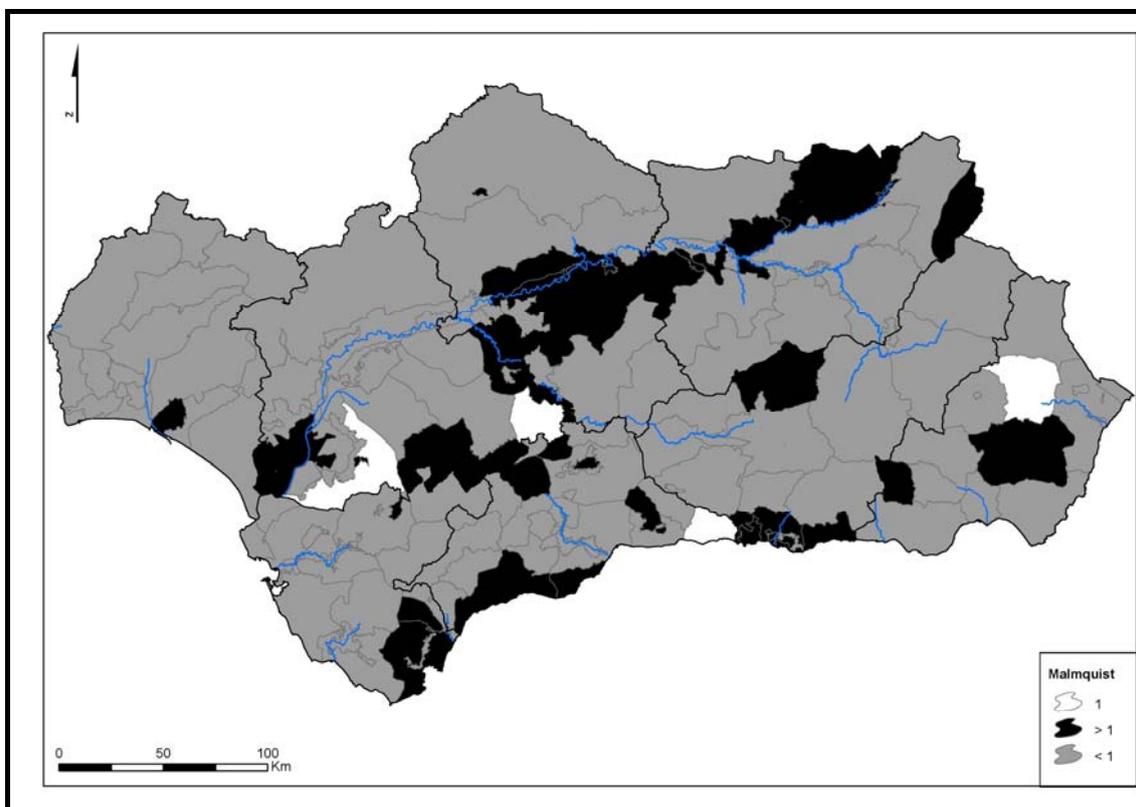


TABLA 3. Eficiencia de las áreas de riego en Andalucía (cuadro-resumen)			
	Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
Eficiencia en 1996	81,28	100,00	43,92
Eficiencia en 2002	79,36	100,00	47,18
Cambio total en productividad (Malmquist)	0,93	1,44	0,66
• Cambio en eficiencia	0,97	1,48	0,69
• Cambio tecnológico	0,95	1,03	0,85

TABLA 4. Determinantes de la eficiencia de las áreas de riego en Andalucía. Estimaciones de modelos *tobit* de efectos fijos

	MODELO 1		MODELO 2		Valor medio de la variable
	Coefficiente	t-student	Coefficiente	t-student	
Constante	0,810	1,397	0,675 **	18,500	
TAMEXP	9,62E-04	1,399	6,47E-04	0,936	7,130
PROPIED	2,23E-04	0,511	3,78E-04	0,851	80,324
R_ASPERS	-2,04E-04	-1,500			17,998
R_GRAVED	7,73E-05	0,576			37,896
R_LOCALI	5,38E-05	0,379	-6,89E-05	-0,968	36,324
ACTIERRA	8,09E-04	0,469	-1,94E-04	-0,938	12,948
ACREVEST	1,02E-03	0,598			27,163
ACTUBERI	1,05E-03	0,613			60,097
UNICAACT	-1,41E-03	-0,255			57,520
ACTIVPRI	-1,55E-03	-0,281	-5,21E-04	-1,374	34,765
ACTIVSEC	-4,08E-03	-0,732	-3,06E-03 **	-3,595	7,666
EXTINVIE	5,03E-04	1,565	1,24E-03 **	4,286	16,893
EXTVERAN	-2,06E-03 **	-4,601			10,899
SEMIYOTR	-2,64E-05	-0,176	6,64E-05	0,446	13,250
FRESAS	3,50E-03 **	5,054	4,75E-03 **	7,592	1,266
FRUTALES	-4,91E-04	-1,440	6,64E-04 **	2,718	16,870
SUBTROPI	1,40E-04	0,289	1,26E-03 **	2,956	2,604
HORT_INV	1,81E-03 **	5,162	2,93E-03 **	11,526	18,394
OLIVAR	9,62E-04 **	2,849	2,08E-03 **	9,185	23,262
ARROZ	-1,97E-03 **	-3,755	-9,42E-04 *	-1,911	1,149
Sigma	7,57E-02 **	27,745	7,81E-02 **	27,751	
Función <i>Log-likelihood</i>	438,785		426,955		

Var. dependiente: INDICE
 ** Coef. estadísticamente significativo al 5% * Coef. estadísticamente significativo al 10%

4. Conclusiones y recomendaciones finales

La previsión de crecimiento de los recursos hídricos en Andalucía, así como el aumento previsible del regadío en esta Comunidad de acuerdo con las apetencias sociales y las políticas regionales, impiden seguir gestionando el agua de riego con las pautas actuales. Es imprescindible introducir parámetros económicos en la gestión del agua para lograr un uso eficiente que permita conseguir la misma producción con menor consumo de agua. Por este motivo, este trabajo pretende determinar las causas que motivan la eficiencia en el uso de los recursos productivos, entre ellos fundamentalmente el agua.

El análisis envolvente de datos (DEA), aplicado a las áreas de riego andaluzas, permite conocer en una primera etapa la eficiencia relativa de dichas áreas. Los datos de panel que se han utilizado permiten también conocer si las áreas mejoran o no la eficiencia con el paso del tiempo (en concreto de 1996 a 2002). En una segunda etapa, el análisis de regresión permite delimitar los factores fundamentales que explican la eficiencia o ineficiencia –como la distribución de cultivos, la dedicación del agricultor a la actividad agraria, el sistema de distribución del agua a la parcela predominante, o la estructura de la propiedad–, que pueden usarse a efectos de la política pública de aguas para mejorar la productividad de las áreas menos eficientes.

Una aplicación de este análisis sería incidir en aquellos factores que mejoren la eficiencia y puedan suponer una disminución del consumo de agua, especialmente crítico en el regadío andaluz y con expectativas de restricción aún mayores con la aplicación de la *Directiva Marco Europea para una Política de Aguas*.

La alternativa de cultivos es el factor que más influye en la eficiencia y por tanto es en esta variable donde se debe incidir, sin olvidar las restricciones climáticas y

edafológicas. Los productos agrícolas que más contribuyen a la eficiencia son, en este orden, las fresas, los hortícolas al aire libre y bajo plástico, el olivar, los frutales subtropicales, los extensivos de invierno y los frutales; lo contrario ocurre con el arroz.

Las áreas de riego que tienen una mayor extensión de estos cultivos son las más eficientes. En 1996 se sitúan en las costas de Huelva y Almería, cuyos cultivos principales son las fresas en Huelva (77,2% de su superficie regada) y hortícolas bajo plástico y al aire libre en Almería (90,8%). En el año 2002 las zonas almerienses situadas en la llanura de su poniente bajan ligeramente en eficiencia; sin embargo, el área Campo de Níjar sigue siendo eficiente. Se incorporan a este grupo otra zona de Huelva, Palos de Moguer, en la que la fresa se extendía por un 80,5% de su regadío, un área de riego de la costa de Granada cuya superficie regada se dedicaba en un 99% a los hortícolas al aire libre y bajo plástico y otra área de la provincia de Jaén cuyo olivar con riego localizado se extendía por el 80% de su superficie regada.

Otro factor que también incide sobre la eficiencia, aunque en este caso negativamente, es la dedicación del agricultor a la actividad cuando esta se realiza de forma secundaria.

La eficiencia media del regadío andaluz disminuye ligeramente en 2002, debido a que las áreas eficientes ocupan un 16% menos de su superficie y aquellas cuya eficiencia relativa se encontraba en el intervalo 80%-95% se reducen en un 52%. Pierden en eficiencia las áreas costeras de Almería porque los costes de explotación aumentan en un porcentaje mayor que el precio de los hortícolas percibidos por los agricultores y, prácticamente, todas las áreas del interior, excepción hecha de aquellas en las que el cultivo predominante es el olivar y en las que los cereales son sustituidos por este cultivo. Hay que señalar que al mecanizarse la recogida de la aceituna, los costes de explotación de este cultivo se reducen.

En último extremo, toda expansión superficial del regadío que se plantee, debe tener en cuenta el doble objetivo de aumentar la eficiencia y reducir el consumo de agua, por lo que solo será recomendable si se trata de cambiar unos cultivos por otros o sustituir secanos por transformaciones en regadíos. Por otra parte, no se debe descartar el abandono de regadíos cuya eficiencia es muy baja, sin perjuicio de la estabilidad de la población y de la ordenación territorial.

Bibliografía

- Aguilera Klink, F. (2003): “Gestión autoritaria *versus* gestión democrática del agua”, *Revista Archipiélago*, núm. 57, pp. 34-42.
- Allan, T. (1999): “Productive Efficiency and Allocative Efficiency: Why Better Water Management May Not Solve the Problem”, *Agricultural Water Management*, vol. 40, pp.71-75.
- Amores, A.F., y Contreras, I. (2009): “New Approach for the Assignment of new European Agricultural Subsidies Using Scores from Data Envelopment Analysis: Application to Olive-growing Farms in Andalusia (Spain)”, *European Journal of Operational Research*, vol. 193, pp. 718-729.
- Arellano, M., y Bover, O. (1990): “La econometría de datos de panel”, *Investigaciones Económicas*, vol. XIV (1), pp. 3-45.
- Bjurek, H. (1996): "The Malmquist Total Factor Productivity Index", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 98, núm. 2, pp. 303-313.
- Calatrava, J., y Garrido, A. (2005): “Modelling Water Markets under Uncertain Water Supply”, *European Review of Agricultural Economics*, vol. 32, pp. 119-142.
- Caves, D., Christensen, L., y Diewert, E. (1982): “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity”, *Econometrica*, noviembre, pp. 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W.W., y Rhodes, E. (1978): “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, vol. 2, pp. 429-444.
- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, (1996, 2002): *Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía*.
- Färe, R., Grosskopf, S., y Lovell, C.A.K. (1985): *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., y Roos, P. (1994): “Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Approach”. En Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A., y Seiford, L. (eds.): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Gómez Gómez, C.M. (2006): “Modelo de análisis de las decisiones de los agricultores españoles”, Seminario del Grupo de Análisis Económico, Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- López Martos, J., y Rodríguez Ferrero, N. (1997): “La gestión empresarial del agua”, En Naredo, J.M.: *La economía del agua en España*, Fundación Argentaria-VISOR, Madrid, pp. 227-233.

- Malmquist, S. (1953): "Index Numbers and Indifference Surfaces", *Trabajos de Estadística*, núm. 4, pp. 209-242.
- MAPA (2001): *Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Novales, A. (1993): *Econometría*, McGraw-Hill, Madrid. Capítulo 15: Datos de panel, pp. 504-528.
- Reig, E., y Picazo, A. (2002): *La agricultura española: Crecimiento y productividad*, Ed. Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante.
- Rico Amorós, A.M. (2006): "Políticas agrarias, eficiencia socioeconómica y retos de futuro en los regadíos intensivos", *Boletín de la A.G.E.*, núm. 41, pp. 113-149.
- Rodríguez Díaz, J.A., Camacho Poyato, E., y López Luque, R. (2004): "Application of Data Envelopment Analysis to Studies of Irrigation Efficiency in Andalucía", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, May/June, pp. 175-183.
- Rodríguez Ferrero, N., y Sánchez-Martínez, M.T. (2007): *La productividad del agua en el regadío andaluz*, Editorial Universidad de Granada, Granada.
- Rodríguez Ferrero, N., y Sánchez-Martínez, M.T. (2008): "Un análisis de la eficiencia socioeconómica del agua en el regadío andaluz", *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, núm. 217, pp. 183-208.
- Tobin, J. (1958): "Estimation for Relationships with Limited Dependent Variables", *Econometrica*, vol. 26 (1), pp. 24-36.