

## **Precio del agua y relocalización sectorial del recurso en la economía andaluza. Una aproximación desde un modelo de equilibrio general aplicado**

**VELÁZQUEZ, E.(\*), ALEJANDRO CARDENETE, M. (\*\*)  
HEWINGS, G.J.D. (\*\*\*)**

*(\*) (Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica, Universidad Pablo de Olavide). Universidad Pablo de Olavide, Departamento de Economía, Métodos cuantitativos e Historia Económica. Crta. Utrera, Km.1- 41004 Sevilla. Teléfono: 95 434 93 61*

*(\*\*)(Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica, Universidad Pablo de Olavide)*

*(\*\*\*)(Regional Economics Application Laboratory, Universidad de Illinois, Urbana-Champaign)*

E-mail: evelalo@upo.es

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo consiste en analizar los efectos que tendría un incremento en la tarifa del agua del sector agrario sobre la conservación del recurso, la eficiencia en el consumo y la posible relocalización sectorial del mismo. La política tarifaria se aplicará sobre el sector agrario debido, por un lado, al excesivo consumo de agua realizado por dicho sector y, por otro, al bajo precio pagado por ella. La metodología utilizada consiste en un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA) modificado para introducir las variaciones en la tarifa del agua que analizaremos mediante la introducción de un impuesto sobre la estructura de producción.

### **ABSTRACT**

The objective of this work is to analyze the effects that an increase in the price of the water delivered to the agriculture sector to promote the conservation of this resource would have on the efficiency of the consumption of water and the possible sectoral reallocation of water to the remaining productive sectors. The analysis is motivated by the fact that the agriculture consumes a disproportionately large amount of water at very low prices. The methodology will be a computable general equilibrium model (CGE). This model has been modified to introduce the variations in the water price that we will try to analyze by means of the introduction of a tariff on the production structure.

**Palabras claves:** reformas impositivas ambientales, equilibrio general aplicado, precio del agua.

**Keywords:** environmental tax reforms, applied general equilibrium, water price.

**JEL Classification:** C56, D58, H21, H22.

## 1. INTRODUCCIÓN

Es por todos conocido el problema de escasez de agua que sufre Andalucía en determinados años de sequía y la competencia que se establece entre los diferentes usos por este preciado recurso. A pesar de ello, el consumo de agua realizado por los sectores productivos de la región parece ser poco racional hasta el punto que la economía andaluza se caracteriza por tener un sistema productivo intensivo en agua (Velázquez, 2006) en el que además la región se consolida como exportadora neta de agua (Dietzenbacher y Velázquez, 2006). A ello contribuyen muchos factores: la pobre y obsoleta cultura del agua; el sistema de precios y tarifas del recurso; el sistema de concesiones de uso y demás aspectos institucionales que enmarcan la gestión, etc. Es imposible abarcar el análisis de todos ellos en un solo proyecto como éste pero sí es posible, y entendemos que necesario, iniciar una nueva senda donde se analicen algunos de estos factores y la repercusión que determinadas políticas podrían tener sobre la gestión y conservación de los recursos hídricos y sobre la propia economía andaluza.

Ante esta situación, el objetivo de este estudio es doble. Por un lado, tratamos de analizar los posibles efectos que tendría un incremento en la tarifa<sup>1</sup> del agua consumida por los sectores agrarios<sup>2</sup> sobre la economía andaluza y sobre la conservación del recurso y, por otro, estudiamos la relocalización sectorial<sup>3</sup> del agua que se produce entre los diferentes sectores productivos y la eficiencia de la misma. El sector elegido para simular el incremento de la tarifa es el agrario por dos motivos. En primer lugar, y como es bien sabido, la agricultura es uno de los mayores consumidores de agua absorbiendo más del 80% de los recursos de la región, por lo que parece razonable -si queremos alcanzar una senda sostenible- comenzar por los usos más consuntivos de agua; y, en segundo lugar, el precio pagado por el agua en este sector es irrisorio -por término medio se paga 0.01 €/m<sup>3</sup>-<sup>4</sup>. Estos dos factores -el excesivo consumo de agua y el bajo precio pagado por ella- hacen del sector agrario, en nuestra opinión, el más apropiado para iniciar la simulación de una política tarifaria con los objetivos planteados.

---

<sup>1</sup> El término más adecuado a los efectos que aquí estudiamos es “tarifa” del agua pues el “precio”, como concepto económico, se forma en el mercado como resultado de la intersección entre oferta y demanda. Dado que no existe un mercado del agua en el sector agrario y, por lo tanto, no se puede hablar de precio en sentido estricto, preferimos utilizar el concepto de tarifa. No obstante, en el título hemos optado por la palabra precio por ser un término más coloquial.

<sup>2</sup> En este estudio consideramos que la tarifa del agua se aplica únicamente al sector agrario.

<sup>3</sup> Somos conscientes de que la relocalización sectorial imposibilitaría el ahorro neto de agua en la región, como proclaman las actuales políticas de la demanda de agua. No obstante, no hay que perder de vista que una mayor eficiencia en el uso del agua -ganada con la hipotética relocalización- se podría considerar también una forma de ahorro del recurso.

<sup>4</sup> Como punto de referencia podríamos compararlo con los 0.19 €/m<sup>3</sup> a los que “Riegos de Levante” ha comprado el agua de los agricultores ([www.abc.es](http://www.abc.es)- 25-01-06).

La metodología que utilizamos para alcanzar el objetivo propuesto es un modelo de equilibrio general computable<sup>5</sup> que sigue la doctrina tradicional de equilibrio walrasiano –Scarf y Shoven (1984), Ballard et al. (1985) o Shoven y Whalley (1992)-, ampliado con la inclusión del sector público y del sector exterior. El modelo de equilibrio general aplicado -previamente diseñado para el análisis de impuestos directos de la economía andaluza (Cardenete y Sancho, 2003), mejorado y ampliado para incluir las emisiones contaminantes y la introducción de impuestos ambientales (André, Cardenete y Velázquez, 2005)- lo modificamos para introducir las variaciones en el precio del agua que analizamos mediante la introducción de un impuesto sobre la estructura de producción, a modo de incremento real del precio de dicho recurso.

La estructura de este trabajo es la siguiente. Tras esta introducción, en el segundo apartado planteamos el estado de la cuestión para determinar el punto de partida y la aportación realizada; en el segundo, desarrollamos la aportación teórica y explicamos el modelo utilizado; en el tercero, analizamos los resultados obtenidos y finalizamos con un apartado de conclusiones.

## **1. Estado de la cuestión**

A continuación haremos una breve<sup>6</sup> revisión de los antecedentes y del estado de la cuestión de los aspectos de fondo -esto es, del análisis integrado del consumo de agua y las variables económicas y, especialmente, del interesante tema de los precios del agua en la agricultura y la relocalización sectorial de los recursos hídricos-; y repasaremos los trabajos que utilizan los modelos de equilibrio general como metodología de análisis para tal fin.

Aunque los primeros estudios y los primeros modelos que se desarrollaron para integrar las necesidades de agua con las variables económicas datan de los años cincuenta, éstos se abandonaron debido a las dificultades metodológicas para introducir dichas variables en los modelos elaborados y operar posteriormente con ellos. El primer trabajo que consigue vencer estas dificultades fue el Lofting y McGauhey (1968) en el que introducen las necesidades de agua como factor productivo en un modelo tradicional input-output y tratan así de evaluar las necesidades hídricas del sistema productivo californiano. Posteriormente, han sido numerosos los trabajos que, aplicando la metodología input-output, analizan las relaciones entre el consumo de agua y los sectores productivos (Sánchez-Chóliz, Bielsa y Arrojo, 1992; Bielsa 1998; Duarte, 1999; Duarte, Sánchez-

---

<sup>5</sup> Somos conscientes que para analizar los problemas hídricos se necesitaría una metodología sistémica y transdisciplinar que no parcelara el conocimiento. No obstante, a pesar de que en este trabajo abordamos el problema con una metodología más restrictiva, entendemos que ésta nos puede ofrecer algunas indicaciones preliminares sobre el problema planteado.

<sup>6</sup> Dada la amplitud de temas y el elevado volumen de trabajos que los combinan, no es nuestro objetivo hacer una relación extensiva de los mismos, sino presentar los que entendemos más representativos y los que de alguna forma han guiado nuestro estudio.

Chóliz y Bielsa, 2002; Velázquez, 2006, Dietzenbacher and Velázquez, 2006).

Profundizando en los diferentes aspectos de los recursos hídricos y centrándonos en el interesante debate del precio del agua, han sido prolijos los trabajos que han tratado el tema con diferentes metodologías. Desde las magníficas revisiones del tema realizadas por Johanson et al (2002) y por Dinar y Subramanian (1998); pasando por los métodos de programación lineal utilizados por Berbel y Gómez-Limón (2000) y Doppler et al (2002); hasta los trabajos que utilizan modelos input-output, entre los que cabría destacar el trabajo de Sáenz de Miera (1998).

Dando el salto metodológico hacia los modelos de equilibrio general, podemos decir que son numerosos los trabajos que aplican los MEGAS con el mismo, o parecido, objetivo. Uno de los pioneros fue el trabajo de Dixon (1990) en el que ofrece indicaciones a las autoridades públicas de Melbourne, Sydney y Perth para determinar el precio del agua. Es interesante también el trabajo de Kumar y Young (1996) donde ilustran cómo ampliar una Matriz de Contabilidad Social (SAM, en sus siglas inglesas) incorporando los recursos hídricos y analizar cuáles podrían ser las implicaciones de cara a la política de precios del agua. De una forma similar, Susangkarn y Kumar (1997) utilizan un modelo de equilibrio general para incorporar el consumo de agua; la aportación metodológica que realizan plantea cómo modificar el modelo para incorporar el agua en la SAM como un sector productivo separado. El trabajo de Decaluwé et al. (1999) desarrolla un modelo de equilibrio general aplicado para comparar diferentes políticas de precios de agua y para analizar cómo producir dicho recurso con diferentes tecnologías. Seung et al. (2000b) utiliza un MEGA para analizar la relocalización de los recursos hídricos y, posteriormente (Seung et al. 2000a), mediante un modelo dinámico, analiza los efectos temporales de la relocalización del agua desde los sectores agrarios a los usos recreativos en las zonas rurales de Nevada. Finalmente, señalar el trabajo de Briand (2004) en el que construye un modelo estático para Senegal con el objetivo de estimar el impacto en la producción y en el empleo de una política de precios del agua. En el caso de España, hay que mencionar el trabajo realizado por Gómez *et al.* 2004 para las Islas Baleares en el que utilizando una SAM simulan el posible ahorro de agua mediante la formulación de mercados y la potencial relocalización sectorial del recurso que se podría producir.

## 2. Aproximación teórica

### 2.1. El modelo

El modelo utilizado está compuesto por 16 sectores productivos que se corresponden con una agregación de las tablas input-output de Andalucía para 1990<sup>7</sup>. La tecnología productiva se corresponde con lo que, en la

---

<sup>7</sup> Tal vez no sea ésta la desagregación sectorial más acertada para cubrir el objetivo propuesto pero ha sido necesaria para adaptarnos a los sectores recogidos en las tablas

nomenclatura de los modelos de equilibrio general aplicado, se conoce como *función de producción anidada*. La producción doméstica (o interior) del sector  $j$ , denotada por  $Xd_j$ , utiliza como factores la producción del resto de los sectores, así como los factores primarios (trabajo,  $L$  y capital,  $K$ ) –que se combinan entre sí siguiendo una tecnología Cobb-Douglas y que proporcionan el valor añadido de dicho sector,  $VA_j$ ,- combinados mediante una tecnología de coeficiente fijos o de Leontief. La producción total  $Q_j$  es el resultado de combinar la producción doméstica  $Xd_j$  con las importaciones equivalentes  $Xrow_j$ , con una tecnología Cobb-Douglas, siguiendo la hipótesis de Armington (1969).

El gobierno grava las transacciones económicas, obteniendo de este modo una recaudación impositiva<sup>8</sup>,  $R$ ; influye sobre la renta disponible del consumidor  $YDISP$ , efectúa transferencias al sector privado  $TPS$  y demanda bienes y servicios  $GD_j$ . La diferencia entre sus ingresos y sus pagos representa el saldo (superávit o déficit) del presupuesto público  $PD$ , según la siguiente expresión<sup>9</sup>:

$$PD = R - TPS_{cpi} - GD_j p_j \quad (1)$$

donde  $cpi$  es el Índice de Precios de Consumo y  $p_j$  es el nivel de precios de producción (antes de IVA) de los bienes del sector  $j$ .

Especial atención merece la introducción del precio del agua a modo de *impuesto ambiental*, que forma parte de los ingresos del Sector Público,  $R$ , en las simulaciones planteadas. Sea  $Wd_j$  el consumo directo de agua del sector productivo  $j$ , medido en metros cúbicos. Si  $Y_j$  representa el valor de la producción del sector  $j$  medido en euros, podemos establecer la siguiente relación entre ambas variables:

$$Wd_j = \alpha_j Y_j \quad (2)$$

donde  $\alpha_j$  es un indicador que mide consumo de agua directo por euro de producción en el sector  $j$ .

Introducimos un impuesto “ad quantum” sobre el agua con un tipo impositivo, (que, dada la tecnología de consumo de agua, es al mismo

utilizadas. Habría sido interesante diferenciar entre agricultura de regadío y de secano pero la clasificación sectorial de los datos no nos lo han permitido.

<sup>8</sup> Véase en André, Cardenete y Velázquez (2005) con mayor detalle la forma de calcular todos los impuestos directos e indirectos del modelo.

<sup>9</sup> En nuestro modelo entenderemos por Administración Pública a todas las existentes en el territorio de la Comunidad Autónoma, estos es: Locales -diputaciones, municipios y otras entidades-, Autonómicas -consejerías y organismos autónomos-, e incluso las de la Administración Central o del Estado en lo que respecta a su actividad en el territorio económico regional. Se incluyen también las empresas, institutos, fundaciones, etc., que se financien en más de un 50% con transferencias de otras administraciones.

tiempo el tipo medio y marginal), igual a  $w t$  euros por metro cúbico de agua para el sector agrario. De este modo, el pago realizado por el sector agrario en concepto de este impuesto ambiental será igual a:

$$R_{AGUA} = \sum_{j=12}^{16} w t_1 (1 + \tau_1) \left( \sum_{i=1}^n a_{i1} p_i X d_1 + ((1 + EC_1) w l_1 + r k_1) V A_1 \right) + \sum_{j=1}^{16} w t_1 (1 + t_1) row p a_{rmi} Q_1 \quad (3)$$

siendo  $\tau_1$  el impuesto sobre producción,  $a_{i1}$  el coeficiente técnico del sector agrario con respecto al resto de los sectores productivos,  $EC_1$  la cuota patronal a la Seguridad Social,  $w$  el salario,  $l_1$  el coeficiente técnico del trabajo,  $r$  el precio del capital,  $k_1$  el coeficiente técnico del capital,  $VA_1$  el valor añadido,  $t_1$  las tarifas,  $rowp$  el precio del sector exterior,  $a_{rmi}$  el coeficiente técnico del sector exterior y  $Q_1$  el output total. Todos los parámetros y variables anteriores están referenciadas para el sector agrario.

$$ROWD = \sum_{j=1}^{16} rowp IMP_j - TROW - \sum_{j=1}^{16} rowp EXP_j \quad (4)$$

El sector exterior se agrega en tres grandes áreas de comercio (Resto de España, Europa y Resto del Mundo) y su déficit o superávit viene dado por  $ROWD$ , donde  $IMP_j$  representa las importaciones de productos extranjeros del sector  $j$ ,  $EXP_j$  las exportaciones de productos del sector  $j$  y  $TROW$  las transferencias procedentes del exterior para el consumidor.

La demanda final proviene de varios sectores. Por un lado, los sectores de demanda no consumida, la inversión y las exportaciones; por otro lado, la demanda de bienes de consumo de las familias. En nuestro caso contaremos con 16 tipos de bienes –identificados con los sectores productivos– y un consumidor representativo que demanda bienes de consumo presente. El resto de su renta disponible constituye su ahorro. Las compras de este consumidor representativo se financian, principalmente, con los ingresos derivados de la venta de sus dotaciones iniciales de factores. La renta disponible del consumidor representativo ( $YDISP$ ) viene dada por la suma de sus rentas del trabajo, más las transferencias que recibe, menos los impuestos directos a los que está sometido:

$$YDISP = w L + r K + cpi TPS + TROW - DT (r K + cpi TPS + TROW) - DT (w L - WC w L) - WC w L \quad (5)$$

donde  $w$  y  $r$  serán los precios de los factores trabajo y capital respectivamente y  $L$  y  $K$  representan las cantidades de dichos factores que vende el consumidor,  $DT$  el tipo impositivo directo (o IRPF) y  $WC$  cuota obrera a la Seguridad Social. El objetivo del consumidor consiste en maximizar la utilidad que le reportan los bienes de consumo  $CD_j$  y de ahorro  $SD$ , conforme a una función del tipo Cobb-Douglas, sujeto a la restricción presupuestaria que establece su renta disponible.

$$\begin{aligned}
 &\text{maximizar} && U (CD_j, SD) = \left( \prod_{j=1}^{16} CD_j^{\alpha_j} \right) SD^{\beta} \\
 &\text{s.a.} && p_j CD_j + p_{inv} SD = YDISP
 \end{aligned} \tag{6}$$

Respecto a la inversión y el ahorro, es conveniente decir que éste es un modelo de los denominados *saving driven model*, éste es, un modelo en el que la ecuación de cierre se define de tal forma que la inversión ( $INV_j$ ) es exógena, el ahorro se determina por la decisión de los consumidores al maximizar su utilidad y se deja que los déficits, tanto los del sector público ( $DP$ ) como los del sector exterior ( $ROWD$ ), se determinen endógenamente conforme a la siguiente identidad contable:

$$\sum_{j=1}^{16} INV_j p_{inv} = SD p_{inv} + PD + ROWD \tag{7}$$

donde  $p_{inv}$  es un índice de precios de los bienes de inversión.

Respecto al mercado de factores, las demandas de trabajo y de capital se calculan suponiendo que las empresas minimizan el coste de producir el valor añadido. La oferta de capital se supone inelástica y la oferta de trabajo se supone perfectamente elástica al salario real, que depende de la tasa de desempleo, conforme a la especificación utilizada en Kehoe et al. (1988). Además, los niveles de actividad del gobierno y de los sectores exteriores son fijos, permitiendo que funcionen como variables endógenas los precios relativos, los niveles de actividad de los sectores productivos y los déficits público y exterior, como acabamos de explicar.

El equilibrio de la economía es una situación en la que el consumidor maximiza su utilidad, los sectores productivos maximizan sus beneficios netos de impuestos y los ingresos del sector público coinciden con los pagos de los diferentes agentes económicos. En este equilibrio, las cantidades ofrecidas son iguales a las demandadas en todos los mercados.

Formalmente, el modelo reproduce un estado de equilibrio de la economía andaluza donde las funciones de oferta y demanda de todos los bienes se obtienen como la solución de los problemas de maximización de la utilidad y los beneficios. El resultado es un vector de precios de bienes y de factores, de niveles de actividad y de recaudaciones impositivas tales que satisfagan las condiciones anteriormente descritas.

## 2.2. Base de datos y calibración

La especificación numérica de los parámetros de los modelos se ha realizado a partir de una matriz de contabilidad social de Andalucía para 1990 (SAMAND90) (Cardenete, 1998), mediante el método conocido como *calibración*, conocedores de las ventajas y problemas de este método de estimación (Mansur y Whalley, 1984), computándose los siguientes parámetros: coeficientes técnicos de los sectores productivos, tanto interiores como exteriores; coeficientes técnicos de los factores productivos



que producen el valor añadido unitario; tipos impositivos de todos los impuestos, tanto directos como indirectos; coeficientes de participación de las funciones de utilidad de los consumidores, que siguen una estructura de tipo Cobb-Douglas; coeficientes de participación y parámetros de escala de la función del valor añadido que sigue la misma tecnología Cobb-Douglas; coeficientes técnicos del valor añadido; los coeficientes técnicos de los bienes intermedios; los coeficientes técnicos de los bienes importados; y los coeficientes técnicos de los bienes interiores.

Estos parámetros se han especificado asignándoles los valores que permiten reproducir la matriz de contabilidad social como un equilibrio de la economía. Dicho equilibrio se ha definido de forma que todos los precios y los niveles de actividad son unitarios. Ello permite además que, después de la simulación efectuada, las variaciones porcentuales en dichos precios, en términos relativos, y los niveles de actividad en términos absolutos, se puedan observar directamente.

La matriz de contabilidad social está formada por 16 sectores industriales, dos factores productivos (trabajo y capital), una cuenta de ahorro/inversión, una cuenta de administración pública, los impuestos directos (IRPF y cuota obrera) e indirectos (cuota empresarial, IVA, impuesto sobre producción y tarifas), un único sector exterior y un consumidor representativo.

Por otro lado, los datos de consumo de agua se han obtenido del trabajo realizado por la Agencia de Medio Ambiente<sup>10</sup> de la Junta de Andalucía (1995) –(TIOMA90)-. En dichas tablas se recogen los datos de consumo de agua desagregados sectorialmente en 74 sectores. Estos 74 sectores tuvieron que agregarse a 16 para compatibilizar esta fuente de datos con la matriz de contabilidad social utilizada.

### 3. Aplicación empírica

Con el modelo desarrollado en el apartado anterior hemos simulado una política que afecta a la tarifa del agua del sector agrario, con cinco escenarios diferentes<sup>11</sup>. Partiendo de una situación inicial en la que suponemos que la tarifa pagada por el sector fuera de 0.006 euros el metro cúbico, los cinco escenarios aludidos son los siguientes: 1º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.01 €/m<sup>3</sup>; 2º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.03 €/m<sup>3</sup>; 3º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.06 €/m<sup>3</sup>; 4º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.09 €/m<sup>3</sup> y 5º) pasamos de 0.006 €/m<sup>3</sup> a 0.12 €/m<sup>3</sup>. Como se puede apreciar, la simulación realizada supone ir incrementando paulatinamente la tarifa hasta alcanzar unos niveles considerablemente altos, lo que supondría un fuerte sacrificio para el sector afectado.

En el modelo presentado hemos definido un indicador de consumo directo (ecuación 2)  $-\alpha_j$  - que mide la cantidad de agua consumida de forma

<sup>10</sup> Actualmente, Consejería de Medio Ambiente.

<sup>11</sup> Los escenarios elegidos podrían parecer irreales pero hemos optado por estas fuertes variaciones debido a la baja elasticidad precio del consumo de agua.

directa por euro de producción en el sector *j*. La comparación de cada indicador, antes y después de aplicar la política tarifaria, para cada uno de los escenarios contemplados (tabla 1), parece indicar que dicha política no parece la más adecuada si el objetivo perseguido es el ahorro de agua en la agricultura. En efecto, analizando el primer escenario, donde el precio aumenta de 0.006 a 0.01 €, podemos ver que ante este pequeño incremento, el consumo de agua del sector agrario por unidad producida disminuye relativamente poco (se reduce únicamente un 0.02% con relación al nivel inicial). Esta leve reducción del consumo de agua en este sector podría deberse a dos razones. En primer lugar, podría deberse a que el agua en Andalucía se paga por hectárea regada, y no por cantidad consumida. Cada agricultor dispone de una concesión de agua realizada por la Confederación en función de las hectáreas de tierra que riega; y esta concesión no se ve alterada a corto plazo<sup>12</sup> por el incremento del precio.

En segundo lugar, la escasa reducción del consumo de agua por unidad producida podría deberse también a la imposibilidad, derivada de los supuestos del modelo, de modificar la tecnología de riegos. El aumento del precio podría inducir al agricultor a modernizar su riego, y así reducir la cantidad que consume por unidad producida. Esto, unido a la concesión de agua por hectárea –y suponiendo que dicha concesión es constante a corto plazo–, podría originar un incremento de la producción agraria. Sin embargo, estamos en el caso contrario: ante un aumento del precio del agua en el sector, la imposibilidad de modernizar los riegos y la inamovilidad de la concesión a corto plazo, la política tarifaria no conseguiría el objetivo propuesto de reducir el consumo de agua en el sector, trasladando el aumento de costes a otros sectores (como a continuación veremos) y reduciendo su producción.

Por otro lado, merece la pena destacar la reducción en el consumo, algo más intensa, que se produce en la industria agroalimentaria (9), en la textil (10), en la construcción (13) y en el comercio, la hostelería y la restauración (14). Según estudios anteriores (Velázquez, 2005), se ha demostrado que éstos sectores son los que presentan un mayor consumo indirecto de agua, esto es, son los que más agua consumen a través de los productos agrícolas que utilizan como inputs en sus respectivas producciones. Acabamos de plantear la posibilidad de que el agricultor, ante el incremento del precio del agua, traslade dicho incremento a otros sectores (en este caso, la industria y los servicios señalados). Los sectores afectados por un incremento en los costes, vía inputs, se podrían ver inducidos a un recorte en la producción (como se observa en la tabla 3 y se discutirá más adelante) y, con ello, a un recorte en el consumo directo de agua que podría llevar aparejada dicha producción. Para que se reduzca el consumo de agua unitario (tabla 1), la reducción en el consumo de agua tendría que ser relativamente mayor que la reducción experimentada por la producción. En un caso como éste, aunque la producción se resintiera, en términos de conservación del recurso podríamos hablar de un cambio favorable.

---

<sup>12</sup> Piénsese que, por término medio, las concesiones se realizan por 70 años.

**Tabla 1. Indicador de Consumo Directo (variación porcentual).**

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
1 Agricultura	-0.02	-0.12	-0.26	-0.32	-0.47
2 Extractiva	0.82	7.09	15.15	12.95	30.31
3 Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Metalurgia	0.17	-0.46	-1.11	2.26	2.31
5 Materiales construcción	0.05	-2.41	-5.34	0.23	6.79
6 Ind. Química y Plásticos	-0.05	0.32	0.18	-0.60	-2.46
7 Maquinaria	0.37	-18.40	-19.03	4.21	-337.07
8 Vehículos y Material Transporte	-1.22	-22.28	-33.66	-18.13	1.97
9 Ind. Agroalimentaria	-2.32	3.19	13.60	-38.71	-13.19
10 Textil, Confección, Cuero y Calzado	-1.14	-3.80	14.83	-15.21	130.34
11 Ind. Madera y Papel	0.00	0.28	-0.41	-0.08	2.08
12 Otras Manufacturas	-1.87	-104.60	-829.45	-19.81	-903.66
13 Construcción	-0.15	1.83	-0.47	3.57	23.01
14 Comercio, Restauración, Hostelería	-0.73	-4.16	-17.96	-8.30	-15.27
15 Transportes y Comunicación	-0.07	-18.56	8.10	-36.62	-206.72
16 Otros Servicios	1.63	19.05	3.02	27.00	55.71

Fuente: Elaboración Propia.

En efecto, así se aprecia en la tabla 2, donde hemos reflejado la elasticidad del consumo directo de agua con relación a la producción

( $\varepsilon = \frac{wd_i / \nabla wd_i}{y_i / \nabla y_i}$ ). De tal forma que si ( $\varepsilon > 1$ ), la reducción

experimentada en el consumo de agua es superior a la reducción experimentada en la producción –y podríamos hablar de una mejora desde el punto de vista del ahorro del recurso- y viceversa en caso contrario.

**Tabla 2. Elasticidad del consumo directo de agua con relación a la producción.**

	1° SIM	2° SIM	3 SIM	4° SIM	5° SIM
1 Agricultura	1.001	1.007	1.015	1.021	1.029
2 Extractiva	0.992	0.935	0.870	0.888	0.770
3 Agua	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4 Metalurgia	0.998	1.005	1.012	0.979	0.979
5 Materiales construcción	1.000	1.026	1.059	1.002	0.942
6 Ind. Química y Plásticos	1.001	0.999	1.002	1.013	1.034
7 Maquinaria	0.997	1.227	1.239	0.964	-0.424
8 Vehículos y Material Transporte	1.013	1.289	1.514	1.229	0.989
9 Ind. Agroalimentaria	1.024	0.973	0.887	1.649	1.168
10 Textil, Confección, Cuero y Calzado	1.012	1.043	0.877	1.192	0.440
11 Ind. Madera y Papel	1.000	0.999	1.008	1.006	0.987
12 Otras Manufacturas	1.020	-21.807	-0.138	1.260	-0.126
13 Construcción	1.002	0.984	1.008	0.971	0.819
14 Comercio, Restauración, Hostelería	1.008	1.046	1.225	1.099	1.192
15 Transportes y Comunicación	1.001	1.230	0.928	1.586	-0.943
16 Otros Servicios	0.984	0.841	0.972	0.789	0.644

Fuente: Elaboración Propia.

Como estábamos apuntando, en la 1ª simulación se estaría produciendo un cambio favorable en los sectores señalados (9, 10, fundamentalmente) y vemos que un pequeño incremento del precio del agua daría lugar a mejores situaciones –desde el punto de vista del ahorro del agua- en casi todos los sectores. Sin embargo, a medida que el incremento del precio va siendo mayor, la reducción en el consumo de agua asociada a los efectos negativos sobre la producción serían cada vez mayores y se observa cómo, en la última simulación, únicamente dos sectores –la industria agroalimentaria (9) y el comercio y la hostelería y restauración (14)- alcanzarían una mejor situación (además del sector de la agricultura y de la industria química y plásticos).

Volviendo a los resultados de la tabla 1, y analizando el resto de simulaciones, se puede observar que, aún con a el mayor incremento de la tarifa (0,12 €/m<sup>3</sup>-5ª alternativa), el consumo de agua por unidad producida en la agricultura se reduciría solamente un 0.47%. Por lo tanto, podríamos extraer una primera conclusión de este primer análisis. Una política tarifaria consistente en un incremento en el precio del agua del sector agrario no parece ser la política más adecuada, en principio, ante objetivos conservacionistas del recurso; y ello podría deberse a la política de concesiones actualmente en vigor y, en el caso analizado, a la imposibilidad de plantear cambios en las tecnologías de riegos. Sería pues necesario revisar la política de concesiones, por un lado, y por otro acompañar las políticas tarifarias de políticas de incentivos al cambio tecnológico y simular el comportamiento.

Tal vez los resultados más interesantes se deriven del análisis de la relocalización del agua que se produce tras la aplicación de la política. Entendemos por relocalización del recurso cuando éste, ante una política

determinada, pasa de ser consumido por un sector a ser consumido por otro sector diferente. Dado el consumo directo de agua necesario para generar la producción de un determinado sector –que lo denominamos consumo directo total ( $W_{dti}$ )–, podemos decir que la política tarifaria genera una relocalización del recurso si con ella se reduce el consumo directo total de agua en dicho sector y pasa a ser consumida por otros. Así, la relocalización producida en un sector (i) podríamos cuantificarla mediante un indicador ( $\beta_i$ ) definido como la variación entre el consumo directo total de un sector antes y después de aplicar la política en cuestión ( $\beta_i = W_{dti(t=1)} - W_{dti(t=0)} / W_{dti(t=0)}$ ). Así definido, si el indicador de relocalización es negativo, el sector en cuestión estará consumiendo menos cantidad de agua tras aplicar la política y, si es positivo, estará consumiendo más cantidad.

Como se puede observar en la tabla 3, la relocalización se produce, fundamentalmente y analizándola en términos medios (y obviando los resultados del sector de Otras manufacturas (12) que debido a la fuerte agregación de sectores presenta unas cifras que distorsionan el análisis y no conducen a conclusiones reales)-, desde los sectores de maquinaria (7) y transporte y comunicaciones (15) –y en menor medida desde vehículos y material de transporte (8), agroalimentaria (9) y comercio, restauración y hostelería (14) y agricultura (1)- hacia la industria extractiva (2), textil, confección, cuero y calzado (10), servicios (16) –salvo comercio, restauración y hostelería- y construcción (13). Llama la atención cómo, si bien es cierto que se reduce la cantidad consumida en el sector agrario tras la política tarifaria, y ese recurso será consumido por otros sectores productivos, esa reducción es mínima (no llega al 3% con el máximo incremento de la tarifa). Dado que el aumento tarifario se ha aplicado únicamente sobre el sector primario, cabría esperar que la mayor reducción en el consumo de agua se produjera en este sector. No obstante, esta intuitiva y esperada idea no se produce, probablemente, debido a la rigidez de la demanda de agua del sector agrario aludida anteriormente.

Es interesante detenerse en el caso de los sectores (14) y (9). Como vimos en el análisis anterior, estos sectores son los que más afectados se ven por el incremento de precio del agua en la agricultura. Parece lógico que cedan agua pues vimos cómo la reducción de la producción les podría llevar a una reducción en el consumo de agua. Por lo tanto, el hecho de ceder agua –que se podría entender como un comportamiento “eficiente” desde la perspectiva del ahorro del recurso- no se deriva de una mayor eficiencia en el consumo, sino de una reducción de la producción. Si a este hecho le añadimos que estos sectores son considerados como motores de la economía andaluza, en principio podría parecer algo desalentador implantar una política que, dadas las restricciones comentadas, conduzca a una reducción de la producción de sectores importantes en la estructura económica andaluza. Sin embargo, como veremos más adelante, hay otros factores importantes a tener en cuenta.

Es también interesante señalar el comportamiento de otros dos sectores – textil (10) y construcción (13)- debido al opuesto posicionamiento a los anteriores –esto es, son sectores que absorben el agua que los anteriores cedieron- y debido también a su señalada posición como sectores relevantes para la economía regional. En efecto, estos sectores que, como vimos anteriormente, podrían estar reduciendo su producción debido a los efectos de la política tarifaria sobre la agricultura están, sin embargo, absorbiendo agua. Esto nos lleva a adelantar que dicha política genera un comportamiento “ineficiente” (más adelante se volverá sobre esto) en sectores relevantes.

Por último, es también interesante analizar la eficiencia en el consumo de agua tras la aplicación de la política. Podemos decir que la política aplicada es eficiente si la cantidad consumida de forma directa por unidad producida tras aplicar la política es menor que la cantidad consumida antes de aplicar dicha política. Con esta idea, podemos definir un indicador de eficiencia ( $\delta_i$ ) como el cociente entre el indicador de consumo directo de agua de un sector después y antes de implantar la política ( $\delta_i = \alpha_{i(t=1)} / \alpha_{i(t=0)}$ ). Si este indicador es mayor que la unidad quiere decir que el consumo directo de agua por unidad producida es mayor después de aplicar la política que antes de la misma, dando pues muestras de ineficiencia. En el caso contrario, estaríamos en un caso de eficiencia.

**Tabla 3. Relocalización del agua (variación porcentual).**

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Media
1 Agricultura	-0.14	-0.72	-1.44	-2.08	-2.79	-1.44
2 Extractiva	0.80	6.99	14.93	12.62	29.81	13.03
3 Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Metalurgia	0.16	-0.50	-1.19	2.13	2.13	0.54
5 Materiales construcción	0.02	-2.55	-5.61	-0.20	6.15	-0.44
6 Ind. Químicas y plásticos	-0.09	0.11	-0.25	-1.25	-3.30	-0.95
7 Maquinaria	0.34	-18.52	-19.28	3.73	-335.61	-73.87
8 Vehículos y Material de transporte	-1.26	-22.44	-33.93	-18.64	1.11	-15.03
9 Ind. Agroalimentaria	-2.39	2.82	12.80	-39.36	-14.41	-8.11
10 Textil, confección, cuero y calzado	-1.21	-4.12	14.04	-16.08	127.18	23.96
11 Ind. Madera y papel	-0.04	0.11	-0.75	-0.60	1.37	0.02
12 Otras manufacturas	-1.93	-104.59	-824.53	-20.62	-892.79	-368.89
13 Construcción	-0.18	1.65	-0.83	2.99	22.06	5.14
14 Comercio, Restauración y hostelería	-0.78	-4.40	-18.38	-9.00	-16.14	-9.74
15 Transporte y comunicaciones	-0.10	-18.69	7.74	-36.93	-206.01	-50.80
16 Otros servicios destinados y no a la venta	1.61	18.95	2.85	26.68	55.18	21.05

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 4 se aprecia cómo se produce un claro deterioro en la eficiencia del consumo de agua en el conjunto de la economía, pasando de un valor 1.04 en la primera simulación a 1.82 en la aplicación de la tarifa más alta. La mayor ineficiencia se debe a que la economía en su conjunto consume más cantidad de agua por unidad producida a medida que aumenta el precio del recurso en el sector agrario. Como hemos partido de la

hipótesis de que el consumo directo total –el que consume el conjunto de la economía- debe ser constante –lo hemos supuesto así para que pueda darse la relocalización- entonces la mayor ineficiencia se podría deber a que el incremento del precio del agua en el sector agrario ha provocado reducciones significativas en la producción de algunos sectores (textil, construcción, comercio, restauración y hostelería y agroalimentaria; y especialmente éstos dos últimos) como para que dicha política no consiga el objetivo de reducir el consumo de agua por unidad producida.

Este hecho, en parte, ya está explicado anteriormente: si sectores como el textil (10) o la construcción (13) necesitan más cantidad de agua por unidad producida (5ª simulación, tabla 1) y tienen por lo tanto que absorber agua (5ª simulación, tabla 3), necesariamente se están comportando de una manera ineficiente (5ª simulación, 4).

Por otro lado, los sectores (9), (14). (1), han conseguido reducir sus necesidades de agua por unidad producida (tabla 1) debido a que la reducción en el consumo de agua es mayor que la generada en la producción (tabla 2) y ceden el agua que les sobra (tabla 3), considerándose pues, desde el punto de vista de la conservación del recurso, que se comportan de una manera eficiente (tabla 4).

Por lo que respecta a los sectores que más repercusión tienen sobre la economía regional y que son sobre los que más hemos hecho hincapié en este estudio, podríamos establecer dos grupos: por un lado estarían los sectores que absorben agua y, con la política tarifaria muestran un comportamiento ineficiente –textil (10) y construcción (13)-; y por otro lado podríamos agrupar a aquellos otros sectores que ante dicha política ceden agua y se comportan de una manera eficiente –agrícola (1), agroalimentaria (9) y comercio, hostelería y restauración (14)-.

**Tabla 4. Indicador de Eficiencia en el Consumo de Agua.**

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
1 Agricultura	0.99978	0.99877	0.99743	0.99676	0.99531
2 Extractiva	1.00821	1.07091	1.15154	1.12948	1.30315
3 Agua	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4 Metalurgia	1.00166	0.99537	0.98892	1.02263	1.02315
5 Materiales construcción	1.00049	0.97587	0.94658	1.00234	1.06787
6 Ind. Química y Plásticos	0.99953	1.00322	1.00183	0.99397	0.97545
7 Maquinaria	1.00368	0.81598	0.80967	1.04206	-2.37066
8 Vehículos y Material Transporte	0.98782	0.77719	0.66344	0.81871	1.01965
9 Ind. Agroalimentaria	0.97682	1.03186	1.13601	0.61293	0.86812
10 Textil, Confección, Cuero y Calzado	0.98861	0.96205	1.14829	0.84791	2.30342
11 Ind. Madera y Papel	0.99996	1.00275	0.99595	0.99921	1.02079
12 Otras Manufacturas	0.98134	-0.04601	-7.29448	0.80189	-8.03655
13 Construcción	0.99854	1.01830	0.99533	1.03572	1.23010
14 Comercio, Restauración, Hostelería	0.99270	0.95838	0.82035	0.91695	0.84725
15 Transportes y Comunicación	0.99932	0.81443	1.08101	0.63384	-1.06717
16 Otros Servicios	1.01627	1.19053	1.03020	1.26996	1.55708
Conjunto de la Economía	1.04	1.15	1.54	1.63	1.82

Fuente: Elaboración Propia.

Si relacionamos estos resultados con los obtenidos en estudios anteriores se pueden obtener unas conclusiones interesantes. Como decíamos al inicio de este trabajo, Velázquez (2006) plantea la irracionalidad de una economía andaluza intensiva en agua, y demuestra que son los sectores agrícola, agroalimentario y turístico (y en menor medida, la construcción), los responsables de tal hecho. Por otro lado, en un trabajo posterior, Dietzenbacher y Velázquez (2006) demuestran que la economía andaluza es netamente exportadora de agua; y son, precisamente, los mismos sectores (agrícola, agroalimentario y turístico) los responsables, en mayor medida, de esta irracionalidad económica y ecológica. Si la política tarifaria aplicada al sector agrícola genera una relocalización del recurso desde los sectores mencionados hacia otros sectores menos consumidores de agua (y con menor vocación exportadora), puede que dicha política pudiera contribuir a lograr una mayor racionalización tanto en la estructura económica andaluza como en la política hidrológica regional.

#### 4. Conclusiones

En este trabajo hemos analizado, aplicando un modelo de equilibrio general, los efectos que tendría un incremento en la tarifa del agua del sector agrario sobre la conservación del recurso, la eficiencia en el consumo y la posible relocalización del recurso entre los diferentes sectores productivos. Hemos realizado cinco simulaciones en las que la tarifa de agua ha ido progresivamente aumentando, partiendo del nivel actual (0.006 €/m<sup>3</sup>) hasta



alcanzar los 0.12 €/m<sup>3</sup>. Tratamos de ver con ello si el esfuerzo que habría de realizar el sector agrario se podría ver compensado con una mejor relocalización del recurso que nos llevara a una mayor eficiencia en el consumo y por ende a una mejor conservación del mismo.

La principal conclusión que se saca del trabajo es la siguiente: A pesar de que la política tarifaria aplicada al sector agrícola no consigue un ahorro significativo de agua en dicho sector, si se consigue una relocalización del recurso que parece generar un comportamiento más eficiente y más racional desde el punto de vista productivo. Esto es, la relocalización que se produce desde los sectores agrario, agroalimentario y turístico hacia otros sectores menos consumidores de agua- conduce a una especialización productiva menos intensiva en agua, más racional por lo tanto, y a una menor exportación del recurso.

Hay también que señalar que el limitado efecto de la política simulada sobre el propio sector agrícola se debe, probablemente, a los factores institucionales que condicionan el funcionamiento del mismo (sistema de concesiones, etc.). También hay que señalar la posibilidad de que las limitaciones del modelo apuntadas -sobre la imposibilidad de proceder a una modernización de los regadíos- estén encorsetando los resultados y limitando las posibilidades de análisis más reales.

**REFERENCES**

- ARMINGTON PS (1969) "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production". International Monetary Fund, Staff Papers 16: 159-178.
- ANDRÉ FJ, CARDENETE MA, VELÁZQUEZ E (2005). Performing an environmental tax reform in a regional economy. A computable general equilibrium approach. *Annals of Regional Science*, 39, 2: 375-392.
- BERBEL J, GÓMEZ-LIMÓN JA (2000) The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas. *Agricultural Water Management*, 43 (2): 219-238.
- BIELSA J (1998) Modelización de la gestión integrada del agua en el territorio: magnitudes asociadas desde una perspectiva económica. Ph.D. Dissertation. Universidad de Zaragoza.
- BRIAND A (2004). Comparative water pricing analysis: duality formal-informal in a CGE model for Senegal. Paper presented in the Conference Input-Output and General Equilibrium: Data, Modelling and Policy Analysis. Brussels, 2-4 September 2004.
- CARDENETE MA (1998) Una Matriz de Contabilidad Social para la Economía Andaluza: 1990, *Revista de Estudios Regionales* 52: 137-154.
- CARDENETE MA, SANCHO F (2003) An Applied General Equilibrium Model to Assess the Impact of National Tax Changes on a Regional Economy. *Review of Urban Development Studies* 15 (1): 55-65.
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, JUNTA DE ANDALUCÍA. (1995) La tabla input-output medioambiental de Andalucía. 1990. Aproximación a la integración de las variables ambientales en el modelo input-output. Junta de Andalucía.
- DECALUWE B, PATRY A, SAVARD L (1999) When water is no longer heaven sent: comparative pricing analyzing in a AGE model. Working paper 9908. CRÉFA 99-05. University of Laval.
- DIETZENBACHER E, VELÁZQUEZ E (2006) Analysing andalusian virtual water trade in an input-output framework. *Regional Studies* (in press).
- DINAR A, SUBRAMANIAN A (1998) Policy implications from water pricing experiences in various countries. *Water Policy*, 1:239-250.
- DIXON PB (1990) A general equilibrium approach to public utility pricing: determining prices for a water authority. *Journal of Policy Modelling*, 12 (4): 745-767.
- DOPPLER W, SALMAN AZ, AL-KARABLIEH EK, WOLFF H-P (2002) The impact of water price strategies on the allocation of irrigation

- water: the case of Jordan Valley. *Agricultural Water Management*, 55 (3): 171-182.
- DUARTE R (1999) Estructura productiva y contaminación hídrica en el valle del Ebro. Un análisis input-output. Ph.D. Dissertation. Universidad de Zaragoza.
- DUARTE R, SÁNCHEZ-CHÓLIZ J, BIELSA J (2002) Water use in Spanish economy: an input-output approach. *Ecological Economics* 43:71-85.
- GÓMEZ CM, D TIRADO, J REY-MAQUIEIRA (2004) Water exchanges versus water works: Insights from a computable general equilibrium model for the Balearic Islands, *Water Resources Research*, 40 (10).
- HEWINGS GJD, DRIDI C, GUILHOTO JJM (2006) Impacts of Reallocation of Resource Constraints on the Northeast Economy of Brazil. Discussion Paper 06-T-01, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana.
- JOHANSSON R, TSUR Y, ROE T, DOUKKALI R, DINAR A (2002) Pricing irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy*, 4 (2): 173-199.
- KEHOE TJ, MANRESA A, NOYOLA PJ, POLO C, SANCHO F (1988) A General Equilibrium Analysis of the 1986 Tax Reform in Spain. *European Economic Review* 32: 334-342.
- KUMAR R, YOUNG C (1996) Economic policies for sustainable water use in Thailand. International Institute for Environment and Development.
- LOFTING EM, MCGAUHEY PH (1968) Economic valuation of water. An input-output analysis of California water requirements. Contribution nº116. Water Resources Center.
- MANSUR A, WHALLEY J (1984) Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration, and Data. In *Applied General Equilibrium Analysis*, H. Scarf y J. B. Shoven (eds.): 69-117.
- SAÉNZ DE MIERA G (1998) Modelo input-output para el análisis de las relaciones entre la economía y el agua. Aplicación al caso de Andalucía. Ph. D. Dissertation. Universidad Autónoma de Madrid.
- SÁNCHEZ-CHÓLIZ J, BIELSA J, ARROJO P (1992) Water values for Aragon. *Environmental and Land Issues*. Wissenschaftsverlag vank Kiel KG. Ed. Albisu, L.M. and Romero, C. EAAE, CIHEAM.
- SEUNG C, HARRIS T, ENGLIN J, NETUSIL N (2000a) Impacts of water reallocation: a combined computable general equilibrium and recreation demand model approach. *Annals of Regional Science*, 34: 473-487.

- SEUNG C, HARRIS T, ENGLIN J, NETUSIL N (2000b) Application of a Computable General Equilibrium (CGE) Model to evaluate surface water reallocation policies. *The Review of Regional Studies*, 29 (2): 139-156.
- SUSANGKARN C, KUMAR R (1997) A computable general equilibrium model for Thailand incorporating natural water use and forest resource accounting. *Asian-Pacific Economic Literature*, 12 (2): 196-209.
- VELÁZQUEZ E (2006) An input-output model of water consumption. Analyzing Intersectoral Water Relationships in Andalusia. *Ecological Economics*, 56 (2): 226-240.