


HACIA
LAS CUENTAS
ECONÓMICAS
DEL AGUA
EN ESPAÑA

Pablo Campos,
José-María Casado
y Josefina Maestu
Editores

 economistas

Edita: Consejo General de Colegios de Economistas de España
C/ Claudio Coello, 18, 1.º
28001 Madrid
Tel.: 91 432 26 70
Fax: 91 575 38 38
<http://www.economistas.org>

© Consejo General de Colegios de Economistas de España. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico, electrónico, fotocopia, microfilm y otros, sin autorización previa de la editorial.

I.S.B.N.: 84-932091-7-1
Depósito Legal: M-21112-2006
Imprime: Gráficas Menagui
Cabo Nicolás Mur, 19 -28019 Madrid

CONTENIDOS

Presentación	7
Introducción CAMPOS, P., CASADO, JM., MAESTU, J.: Introducción	9
Capítulo 1. MOREU, JL.: Propiedad, usos, transmisión y "precios" de las aguas públicas y de las aguas privadas	29
Capítulo 2. CASADO, JM.: Los problemas y los retos de la gestión económica del agua en España.....	91
Capítulo 3. CAMPOS, P.: Cuentas económicas ampliadas del sector agua.....	109
Capítulo 4. ALONSO, F.: Estadísticas del agua desde la perspectiva de las instituciones oficiales	131
Capítulo 5. MAESTU, J., PELLITERO, M.: Indicadores económicos del uso del agua: su importancia en el contexto de la Directiva Marco del Agua	147
Capítulo 6. FLORES, F.: La gestión hidrológica de la cuenca del Tajo desde la perspectiva de la Directiva Marco del Agua	167
Capítulo 7. LÓPEZ, J.: Las cuentas hidrológicas de la Comunidad de Madrid en la perspectiva de la Directiva Marco del Agua	193
Capítulo 8. DEL VILLAR, A.: Costes e ingresos financieros de los servicios del agua en los abastecimientos urbanos	229
Capítulo 9. ARBUÉS, F., GARCÍA, M.A., MARTÍNEZ, R.: Análisis de la demanda de agua en los abastecimientos urbanos: El caso residencial.....	255
Capítulo 10. GARCÍA, M., CARLES, J., SANCHÍS, C.: Características institucionales y su influencia en el precio del agua como input en la agricultura de la comunidad valenciana	285

Capítulo 11. MARTÍNEZ, Y., ALBIAC, J.: La eficiencia de los instrumentos económicos en el control de la contaminación agraria: una aplicación de EPIC en Aragón	307
Capítulo 12. GÓMEZ-LIMÓN, JA., RIESGO, L.: Efectos de la PAC en la demanda de agua para regadíos: el caso de la cuenca del Duero	327
Capítulo 13. GÓMEZ, CM., TIRADO, MD.: Un modelo de equilibrio general aplicado al análisis de los usos del agua en la agricultura	357
Autores	383



CAPÍTULO 13

UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO AL ANÁLISIS DE LOS USOS DEL AGUA EN LA AGRICULTURA

Dolores Tirado Bennasar

Carlos Mario Gómez Gómez

1. INTRODUCCIÓN*

Uno de los principales problemas ambientales que caracteriza al archipiélago balear es la escasez de agua. Las características climatológicas y geológicas de las islas no favorecen la existencia de cursos de aguas superficiales importantes; sólo existen algunos torrentes, en las zonas montañosas, con un caudal muy irregular y pequeños arroyos originados por manantiales. La discontinuidad de estos recursos, junto con los costes económicos y medioambientales, han imposibilitado una mayor regulación de las aguas superficiales, con lo que, prácticamente, sólo se dispone de las aguas reguladas (unos 7.2 hm³/año) por los embalses de Cúber y Gorg Blau (y en un futuro las procedentes del trasvase de Sa Costera¹, que supondrán una media de 6 hm³/año). De esta forma, los recursos naturales provienen, mayoritariamente, de la infiltración de las aguas pluviales que representan el 90%. La escasez de agua, por tanto, se debe fundamentalmente, a la irregular distribución temporal del agua entre los meses de invierno (65% de las precipitaciones) y verano (cuando la demanda de agua alcanza su máximo) y entre los diferentes años, dando lugar a importantes sequías cíclicas (en un año seco el volumen utilizable se sitúa entre el 30 y el 50% de las reservas de un año medio²). Todo ello se ha visto agravado, en los últimos años, por la creciente conflictividad entre los diferentes usos del agua debido al rápido desarrollo del turismo y al uso tradicional del agua en la agricultura³. Además, y de acuerdo con las estimaciones del Plan Hidrológico de las Islas Baleares⁴ (en adelante PHIB), la demanda urbana seguirá creciendo en el futuro.

* Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto cuyo objetivo consiste en desarrollar un prototipo de modelo de equilibrio general para analizar y evaluar las distintas políticas de gestión hidráulica en el proceso de implementación de la Directiva Marco del Agua en España.

¹ Esta obra de regulación, que actualmente se encuentra en construcción, permitirá aumentar los recursos disponibles para el abastecimiento de la población de la Bahía de Palma mediante el trasvase de agua desde la Sierra Norte de Mallorca.

² En el año 2000, caracterizado por una severa sequía, las reservas hídricas en abril descendieron hasta un 30.7% en Mallorca, al 5.51% en Menorca y por debajo del 20% en Ibiza.

³ El turismo ha incrementado la población estacional de las islas alcanzando un 34% de la población residente y el consumo de agua por parte del sector agrícola representa alrededor del 60% del consumo total como podemos observar en la tabla 1.

⁴ Govern de les Illes Balears (1999).

Tabla 1
Consumo de agua por procedencia y sectores (hm³/año)

Clase	Aguas subterráneas	Desalación	Embalses	Aguas depuradas	Total	Consumo sectores (%)
Abastecimiento	100.7	3.73	7.2	1.8**	113.43	38.8
Riego	159.5	-	-	15.03	174.53	59.7
Industria*	0.7	-	-	-	0.7	0.2
Riego golf	0.8	-	-	2.94	3.74	1.3
Total	261.7	3.73	7.2	19.77	292.4	100
Procedencia aguas (%)	89.5	1.3	2.5	6.7	100	

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del PHIB, Govern de les Illes Balears (1999).

* Cifras correspondientes al consumo de aquellas industrias no conectadas a la red municipal.

** Utilizada en el riego de parques y jardines.

Para hacer frente a la escasez física del agua, el aumento de su demanda y la conflictividad entre sus usos, se han adoptado algunas medidas de política hidráulica que incluyen, en primer lugar, restricciones en la oferta de agua en periodos de sequía mediante cortes en el suministro de agua para determinadas poblaciones. En segundo lugar, la sobreexplotación y consecuente salinización de los principales acuíferos que sirven de fuente de abastecimiento a la población. En tercer lugar, el trasvase de agua desde el Delta del Ebro mediante la "operación barco"⁵. Finalmente, desde 1994, la principal estrategia ha consistido en la construcción de Instalaciones de Desalación de Agua de Mar (IDAM)⁶.

Estas estrategias responden a una gestión hidráulica tradicional centrada, primordialmente, en políticas de incremento de oferta con la finalidad de satisfacer las demandas crecientes. La opinión generalizada de los expertos destaca, en primer lugar, un aumento de la escasez económica del agua en el largo plazo generado por este tipo de política, así como unos elevados costes económicos y ambientales en el corto plazo. En segundo lugar, que la mayoría de dichos costes podrían evitarse mediante una gestión eficiente basada en políticas de demanda. Por ello, se señala la necesidad de una reorientación de la gestión hidráulica tradicional hacia políticas de demanda que permitan mejorar la eficiencia en el uso de los servicios del agua⁷, tales como un cambio

⁵ La operación, que se inició en 1995 y que duró 30 meses, permitió obtener unos recursos adicionales de 17 hm³ (Novoa, 2001), una pequeña cantidad en relación a la demanda local de agua, a un coste aproximado de 2 €/m³ sin incluir los cerca de 9 millones de euros invertidos en las infraestructuras construidas para hacer posible el trasvase.

⁶ La desalación de un metro cúbico de agua de mar exige un consumo mínimo del equivalente a un kilo de petróleo y supone un coste estimado de 0.6 € (Naredo, 2001).

⁷ Por medidas de eficiencia en el uso del agua se entienden aquellas acciones encaminadas a disminuir los requerimientos mínimos de agua necesarios para proporcionar a la sociedad un cierto nivel de servicios proporcionados por el agua.

en las tecnologías de riego hacia aquellas más ahorradoras que permitan obtener el mismo nivel de producción agrícola, reutilización de aguas depuradas o dispositivos ahorradores en la canalización del agua, como duchas, grifos y cisternas. La aplicación de estas políticas podría evitar la mayoría de los costes mencionados y satisfacer, con las cantidades disponibles de agua, las demandas actuales e incluso las nuevas demandas. Se trataría de llevar a cabo una gestión más eficiente en todos los usos que incentive el ahorro de agua. Afortunadamente, hacia esta dirección se dirige la actual política hidráulica.

Otro tipo de medida que permitiría obtener ahorros sustanciales de agua es el aumento en la eficiencia asignativa del agua⁸. La literatura económica muestra ejemplos en los que la introducción, bajo uno u otro formato, de intercambios voluntarios de derechos sobre agua suponen notables mejoras en dicha eficiencia⁹. Así, por ejemplo Vaux y Howitt (1984), Dinar y Letey (1991) y Weinberg *et. al.* (1993), entre otros, demuestran como las transferencias de derechos desde la agricultura hacia otros usos en California permiten una reducción en el uso del agua, un incremento neto de la riqueza en todos los sectores y una disminución de la contaminación de los acuíferos. En el mismo estado, y como destacan Israel y Lund (1995) y Howitt (1994), la experiencia de los Bancos de Agua desarrollados en 1991 y 1992 permitió un uso y asignación más eficiente del recurso que se tradujo en una reducción en su utilización, con efectos positivos sobre la calidad del agua, y en unos beneficios netos para la región en términos de renta y empleo. Otros estudios, como los realizados por Rosegrant *et al.* (2000), Hearne y Easter (1995) y Vergara (1996), muestran los beneficios netos obtenidos en términos de incremento de la renta mediante el desarrollo de mercados formales en Chile. En España, la evidencia empírica demuestra que allí donde los mercados de agua funcionan, como en Canarias, Murcia o Valencia¹⁰, la eficiencia en el riego es de casi el 100% (Garrido, 1996).

En esta misma dirección se dirigen los nuevos enfoques y criterios para la elaboración y el desarrollo de las políticas de gestión y planificación hidrológica de los principales organismos

⁸ Una asignación será eficiente cuando, dada una cantidad disponible de agua, se alcanza el máximo valor social de los bienes y servicios producidos. Si bien, en un momento y lugar determinado la asignación de derechos puede ser eficiente en relación a la demanda y la tecnología existente, los rápidos cambios tecnológicos y de la demanda (aumento e incluso aparición de nuevos usos) pueden convertirla en ineficiente. Si no se permiten las transferencias de derechos, los usuarios del recurso no se enfrentarán al verdadero valor de escasez del recurso y el recurso se utilizará en aquel empleo que administrativamente ha sido asignado, aún cuando el valor de los bienes y servicios producidos sea menor. El mecanismo de mercado proporcionaría a los distintos usuarios los incentivos necesarios para la cesión o venta de sus disponibilidades actuales produciéndose una reasignación de los derechos de agua desde aquellos usos con valores más bajos hacia los más altos, alcanzando el máximo valor social del recurso mediante la igualación de los valores marginales en todos los usos.

⁹ Véase Easter, Rosegrant y Dinar (1998) y Tirado (2003) para un análisis detallado del funcionamiento real de los mercados de agua, de los requisitos legales e institucionales para su correcto funcionamiento y de la forma de mitigar las deficiencias de tales mercados.

¹⁰ Aunque, a excepción de Canarias, se trata de mercados informales mayoritariamente entre agricultores.

internacionales (OCDE, Asociación Internacional de Abastecimiento de Agua, Unión Europea y Banco Mundial). Aunque tímidamente, la legislación española, tanto a nivel nacional (Ley de Aguas, modificada por la ley 46/1999, 2000) como a nivel regional (PHIB) empieza a incorporar el papel de los incentivos y de los precios como mecanismo para mejorar la eficiencia. Así, la reforma de la Ley de Aguas¹¹ permite la introducción del mercado como instrumento de gestión mediante dos tipos de transferencias: acuerdos directos entre usuarios (cesión de concesiones) o a través de un Banco de Agua (centro de intercambios). Esta última modalidad aparece recogida en el PHIB apuntando que, *por lo menos en épocas de sequía, la Administración promoverá la creación del Banco Balear del Agua* [Govern de les Illes Balears; 1999: 184]¹².

En opinión de los autores, *resulta imprescindible disminuir la desconfianza y los temores que despierta este instrumento y liderar la transición. En este sentido, la creación de centros de intercambios (Bancos de Agua) puede ser un buen comienzo. Así mismo, y para favorecer la negociación directa entre usuarios, creemos necesario una mayor seguridad y flexibilidad que la que recoge la ley* [Tirado; 2003: 93]. Así pues, los esfuerzos del actual gobierno para favorecer y promover los intercambios voluntarios de derechos sobre agua se dirigen en la dirección correcta. Concretamente, una de las prioridades del programa para la gestión del agua, A.G.U.A.¹³, consiste en la creación de Bancos Públicos del Agua en toda las cuencas hidrográficas que permitan una reasignación de los derechos sobre el agua en base a criterios de equidad, eficiencia y sostenibilidad, con el objetivo de corregir los problemas de déficit hídrico que presentan determinadas cuencas y facilitar la consecución de un buen estado ecológico de las aguas superficiales y subterráneas. Mientras tanto, y aprovechando las posibilidades que ofrece la actual Ley de Aguas, en octubre de 2004, el gobierno autorizó la constitución de Centros de Intercambios de derechos de agua en las Confederaciones Hidrográficas del Segura, Júcar y Guadiana, que presentan problemas de sobreexplotación de aguas subterráneas. Por otra parte, en febrero de 2005 el Consejo Nacional del Agua recomendó la modificación de la ley de Aguas para eliminar los obstáculos legales que dificultan los intercambios de derechos.

La Directiva Marco del Agua (DMA)¹⁴ apunta la necesidad de llevar a cabo políticas de conservación del recurso con el fin de reducir las presiones de las actividades económicas y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos. En este trabajo se pretende analizar,

¹¹ Artículo 61 bis de la Ley de Aguas (2000).

¹² Esta opción se consideró como medida alternativa al trasvase de agua del Ebro. A pesar de que las estimaciones señalaban que el coste del trasvase era tres veces mayor que el del Banco de Agua, no se consideró esta opción por razones políticas.

¹³ Programa de *Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua* aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente en junio de 2004.

¹⁴ Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L327 de 22.12.2000).

mediante diversas aplicaciones en el caso concreto de Baleares, cómo los dos tipos de medidas mencionadas (una mejora en la eficiencia en el uso de los servicios del agua y una mejora en la eficiencia en la asignación del recurso a través del mercado) permitirían alcanzar dicho objetivo.

En primer lugar, y por lo que se refiere a las mejoras en la eficiencia derivadas de una reasignación de los derechos sobre agua, las limitaciones institucionales derivadas de la actual legislación y la irregular distribución temporal del recurso anteriormente mencionada, conducen a considerar las transferencias temporales de derechos sobre agua, como la propuesta de mercado a estudiar más razonable. Concretamente, en este trabajo se estudian las ganancias potenciales de una reasignación temporal del agua, entre usos (agrícola y urbano) y entre usuarios (agricultores) para hacer frente a las sequías cíclicas que caracterizan la climatología de las islas. Ello permitirá comparar cuantitativa y cualitativamente el mecanismo de mercado frente a otras alternativas, como la desalación de agua de mar o la tradicional asignación administrativa del recurso.

En segundo lugar, y en referencia a la aplicación de programas que aumenten la eficiencia en el uso de los servicios del agua, en este trabajo se analiza la efectividad de una mejora tecnológica ahorradora de agua aplicada en el sector turístico, dada la importancia y dinamismo de este sector en la economía balear y en el consumo de agua potable (30% sobre el total). Con ello se pretende estudiar la necesidad o no de aplicar medidas de acompañamiento para que dicha mejora se traduzca efectivamente en una disminución en la extracción del recurso.

2. MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADOS A LA GESTIÓN HIDRÁULICA

En el estudio de la literatura económica se puede observar, con cierta nitidez, una tendencia metodológica, mucho más consolidada en el análisis económico general, que apunta hacia los modelos de equilibrio general aplicados como un instrumento especialmente adecuado para el análisis de distintas políticas ambientales. En un contexto donde las interdependencias multi-sectoriales son importantes y para analizar shocks externos y medidas de política económica o ambiental, la modelización de un equilibrio general computable (CGE) se convierte en una metodología muy apropiada.

En el caso concreto del análisis y valoración de distintas políticas hidrológicas, este tipo de modelos constituye un instrumento especialmente adecuado. Si bien es cierto que se han realizado grandes aportaciones desde la metodología del equilibrio parcial, ésta presenta un serio inconveniente a la hora de analizar la efectividad y los costes y beneficios de distintas medidas de política hidráulica. El motivo estriba en que el agua constituye un input

empleado por la mayoría de actividades productivas, siendo imprescindible para muchas de ellas, y, a su vez, un output altamente valorado por los consumidores. Cualquier cambio en la oferta, demanda o distribución de los derechos puede tener consecuencias sobre la composición sectorial de la producción, los costes y precios y sobre la distribución de la renta que el equilibrio parcial no puede recoger.

De esta forma, la metodología de los modelos CGE aplicados se ha convertido en una poderosa herramienta para valorar y comparar diversas opciones de política hidrológica. A pesar de ello, todavía son pocos y recientes los trabajos que utilizan esta metodología en el campo de la gestión hidráulica. Existen algunos estudios, como el desarrollado por Berck, Robinson y Goldman (1991), quienes usan un modelo CGE para estudiar los efectos de una disminución en el uso del agua por la agricultura en el Valle de San Joaquín, California, como solución alternativa a los problemas de drenaje. Otros trabajos, como los de Dixon (1990), Horridge *et. al.* (1993), Decaluwé *et. al.* (1999) y Thabet *et. al.* (1999), utilizan esta metodología para analizar el impacto y la eficiencia de una política de precios de los servicios del agua. Existen otros estudios, como el de Cassells y Meister (2001) o Xie y Satzman (2000) que utilizan este tipo de modelos para analizar los impactos económicos de la aplicación de diferentes políticas de control de la calidad del agua en Nueva Zelanda y China, respectivamente.

En la literatura existente sobre el análisis económico de una reasignación del agua entre usos o usuarios, únicamente se hallan unos pocos estudios que emplean modelos CGE. Entre estos, se encuentra el trabajo de Seung *et. al.* (1998), quienes examinan los efectos de una reasignación del agua desde el uso agrícola al recreativo en la Cuenca del río Walker¹⁵. Posteriores ampliaciones de dicho modelo, realizadas por Seung *et. al.* (2000) combinan un modelo CGE dinámico con un modelo de demanda recreativa para analizar los efectos temporales de una reasignación del agua entre el uso agrícola y el recreativo en el condado de Churchill (Nevada). Por otra parte, Diao y Roe (2000) aplican un modelo CGE para estudiar las consecuencias de una política agrícola proteccionista en Marruecos y muestran cómo la liberalización del sector agrícola puede crear las oportunidades necesarias para una reforma en la política de precios de los servicios del agua, particularmente, a través del establecimiento de un mercado de agua entre los agricultores. Goodman (2000) muestra, utilizando un modelo CGE aplicado al sudeste de Colorado, cómo las transferencias temporales de agua suponen una alternativa de menor coste frente a la construcción de nuevos embalses o la ampliación de los existentes. En esta misma dirección, Gómez, Tirado y Rey-Maqueira (2004) demuestran, mediante un modelo CGE aplicado a Baleares, las ganancias potenciales asociadas al establecimiento de un mercado temporal de agua entre el uso agrícola y el urbano que podrían en duda la necesidad de construir nuevas plantas desaladoras.

¹⁵ Localizada en el Noroeste de Nevada y de California.

Aunque un análisis de equilibrio general permite obtener una información más completa y detallada de los efectos que puede producir una determinada medida de política, esta metodología requiere la construcción de una base de datos con cantidades ingentes de información pormenorizada. Además, la sofisticación de este tipo de modelos no permite testar fácilmente la estructura del modelo, por lo que puede parecer menos transparente. Por otra parte, los resultados son menos precisos y más difíciles de comunicar a los grupos de intereses y a los responsables políticos. Por tanto, en algunos casos, un análisis de equilibrio parcial puede proporcionar la información suficiente para evaluar alguna medida concreta de política sin necesidad de recurrir al equilibrio general. La conveniencia de usar una u otra metodología depende de la relevancia de las interdependencias entre los diferentes sectores de la economía. Así, por ejemplo, la valoración de los costes y beneficios asociados a un cambio en el sistema de riego de un reducido número de agricultores puede realizarse adecuadamente mediante un análisis de equilibrio parcial, dado que tal medida, probablemente, no tendrá efectos importantes sobre el mercado de productos agrícolas, y por tanto, en el resto de la economía.

No obstante, una medida de política hidrológica de mayor alcance, como las que se proponen en este trabajo, puede producir importantes efectos inter-sectoriales que deberían ser analizados en un contexto de equilibrio general. El desarrollo de un modelo de equilibrio general, como el que se presenta en este trabajo, pretende mostrar, las posibilidades de aplicación de esta metodología en el campo de la gestión hidráulica y en el proceso de implementación de la DMA. Aparte de su potencial como fuente de información para evaluar la efectividad y los costes y beneficios de medidas de política hidráulica, los modelos CGE proporcionan información relevante para el proceso de toma de decisiones mostrando, por ejemplo, como dichas medidas pueden afectar a la competitividad de un sector concreto con respecto a los demás, al nivel de producción de los sectores afectados directa o indirectamente por tales medidas o a la distribución de la renta.

Con esta finalidad, se ha diseñado un modelo teórico estático que intenta aproximarse a la estructura económica de Baleares y que incluye las principales características de la oferta y demanda de agua. Dicho modelo se ha desarrollado a partir de la información contenida en las tablas input-output de las Islas Baleares (TIOB/1997), a partir de las cuales se ha construido una matriz de contabilidad social (SAM) que se presenta en la tabla 2 del apéndice. Aparte de la información económica disponible en las tablas input-output, el modelo requiere disponer de datos referentes a las distintas disponibilidades de agua. En la siguiente tabla se muestra la superficie de los diferentes cultivos producidos en Baleares mediante la tecnología de secano y de regadío, así como el consumo bruto de agua por los diferentes cultivos de regadío¹⁶. Este último se ha calculado a partir de los datos sobre superficie por

¹⁶ Tales datos deben tomarse con cautela puesto que no existe consenso entre las diversas fuentes consultadas en la cuantificación de la superficie cultivada en regadío.

Tabla 2
Tablas input-output de Baleares 1997, agregadas en 10 sectores (millones de euros)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	AGRICULTURA	Secano	Regadío	GANADERÍA Y PESCA	ENERGÍA	PRODUCCIÓN AGUA	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	TURISMO	SERVICIOS	OUTPUTS INTERMEDIOS	EXPORTACIONES	INVERSIÓN	CONSUMO FINAL	DEMANDA FINAL	UTILIZACIÓN RECURSOS
1																
2		0,45	5,48	17,82			64,96	0,16	56,79	3,27	148,94	75,72	1,90	157,93	235,54	384,48
3																
4		0,01	0,71	0,06			133,73		58,97	1,15	194,64	9,07	1,06	86,77	96,90	291,54
5		1,14	9,90	12,85	96,39	6,28	41,27	18,64	137,69	322,53	646,68		4,38	343,02	347,40	994,08
6			1,66	0,21	0,10	0,50	2,01	0,07	32,22	13,26	50,02		2,56	37,44	40,00	90,02
7		3,92	8,19	42,19	1,69	1,08	611,14	493,12	588,90	365,11	2.115,33	971,98	441,48	2.297,29	3.710,76	5.826,09
8			1,78	0,59	0,88	0,25	9,86	1,65	116,11	207,17	338,29		1,944,23	164,00	2.108,23	2.446,52
9		0,01	0,19	0,29	0,40	0,28	6,74	6,73	71,24	64,92	190,80	4.538,35	301,14	864,74	5.423,09	5.573,90
10		2,74	15,29	14,15	25,43	13,72	252,33	555,41	690,52	1.757,05	3.326,64			4.977,83	6.260,24	9.586,87
11		8,27	43,19	88,16	124,89	22,11	1.122,03	1.053,78	1.352,43	2.734,46	6.971,33	981,27		8.929,01	18.222,16	
12		10,28	16,50	39,66	86,87	41,46	367,76	620,85	1.376,03	3.253,68	5.813,10	6.596,39	2.696,76			
13		4,86	10,08								14,94					
14		18,65	59,24	53,84	90,87	35,32	294,52	650,50	2.062,82	3.050,06	6.291,81					
15		33,79	85,83	93,49	177,73	76,78	638,28	1.271,35	3.438,85	6.283,74	12.119,86					
16		0,69	0,10	0,66	0,92	1,00	6,94	7,42	19,22	62,21	99,15					
17		13,22	2,21	10,74	4,04	16,80	6,80	0,46	16,49	289,65	358,20					
18		107,19	83,72	83,42	174,60	60,98	658,42	1.278,32	3.441,58	6.056,29	11.860,80					
19		158,64	126,91	171,58	299,50	83,09	1.780,45	2.354,10	5.194,01	8.790,76	18.832,14					
20		217,69		113,29	685,43		3.961,59	92,42	110,72	175,62	5.264,54					
21		7,95		6,66	9,15	6,93	84,05	269,16	620,50	1.096,82						
22		384,48		291,54	994,08	90,02	5.826,09	2.226,52	5.573,90	9.586,87	25.193,50					

* A coste de factores

** A precios de mercado

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOB (1997).

cultivos proporcionados por la Conselleria d'Agricultura i Pesca, a los referentes al consumo neto¹⁷ por cultivos del Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 2001) y suponiendo un coeficiente de retorno del 22%.

Tabla 3
Superficie por cultivos y tecnología de riego y consumo de agua por los diferentes cultivos de regadío para 1997

Cultivos	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)	Consumo bruto (Hm ³)
Cereales grano	31,934	2,240	7,62
Legumbres grano	2,087	28	0,06
Tubérculos	-	2,930	25,97
Flor	-	211	0,90
Forrajes	8,302	4,029	34,69
Huerta	296	6,308	51,95
Industriales	9	268	1,65
Cítricos	-	3,224	23,59
Frutales	68,507	2,531	16,87
Otros cultivos secano	24,579		
TOTAL	135,714	21,796	163,32

Fuente: *Elaboración propia* a partir del Plan Nacional de Regadíos, MAPA (2001) y los datos facilitados por la Conselleria d'Agricultura i Pesca.

Como podemos observar en la tabla anterior, la cantidad total de agua utilizada por la agricultura asciende a 163,32 hm³. Por otra parte, y de acuerdo con las estimaciones del PHIB, los recursos disponibles y utilizados para uso urbano son de 109 hm³ e incluyen la cantidad de agua subterránea utilizada por el sector de abastecimiento, industria, riego de campos de golf y la cantidad procedente de los embalses y utilizada para abastecimiento¹⁸.

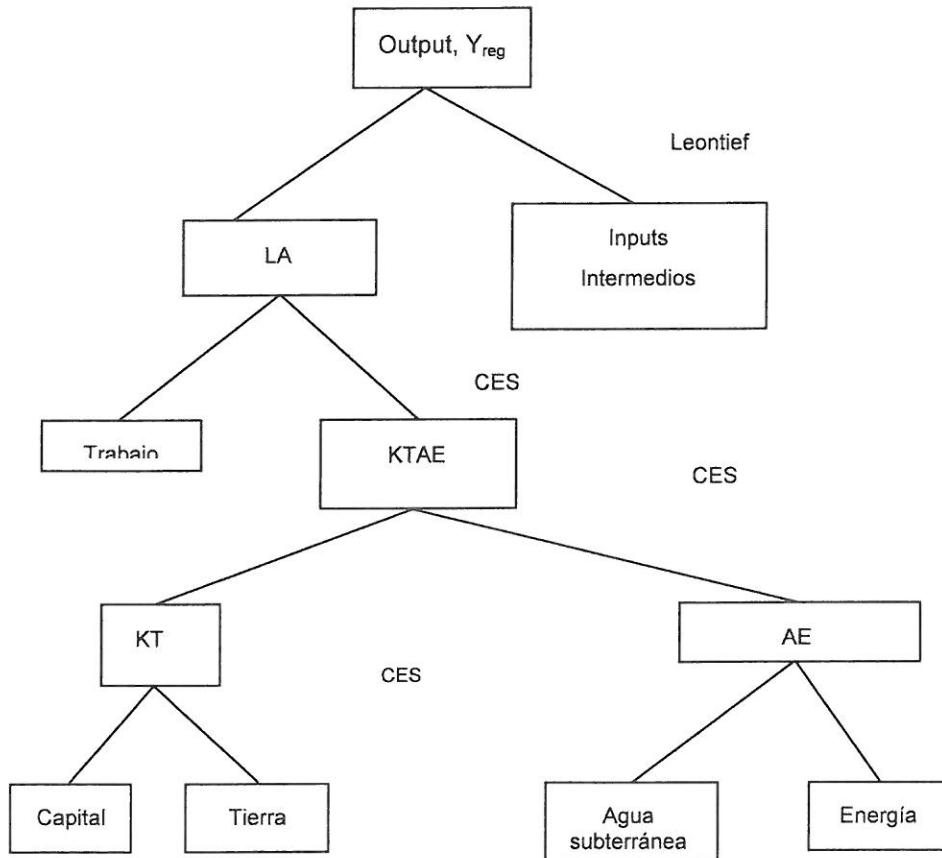
El modelo desarrollado presenta algunas características diferenciales respecto a otros existentes en la literatura. En primer lugar, se han introducido formas funcionales que permiten una mayor capacidad de sustitución entre los factores productivos. Ello otorga al modelo unos niveles de flexibilidad superiores a los de otros modelos existentes. Concretamente, la

¹⁷ Entendido como agua realmente consumida por la planta y que, por tanto, no tiene en cuenta los retornos de agua de riego.

¹⁸ La situación geográfica de los embalses existentes hace necesario el bombeo y posterior elevación de agua para su distribución. Esta tecnología de extracción es muy similar a la de las aguas subterráneas, por lo que se ha considerado oportuno darle el mismo tratamiento.

importancia del sector agrícola como principal demandante de agua en Baleares ha llevado, en primer lugar, a especificar unas funciones de producción un tanto más detalladas que el resto de sectores que permitan incorporar la posibilidad de sustitución entre los factores primarios de producción y, en segundo lugar, a considerar la sustituibilidad entre la producción agrícola de regadío y la de secano¹⁹. El objetivo de todo ello es incluir los posibles ajustes dentro de los sectores de regadío, así como en la estructura sectorial de la producción agrícola, ante una menor disponibilidad de agua²⁰. Así, la tecnología de producción del sector de regadío se ha modelizado mediante una función de elasticidad constante de sustitución (CES) anidada multinivel como la mostrada en la figura 1. La estructura productiva del sector de secano es la misma que la del sector de regadío excluyendo el primer anidamiento, *AE*, que representa la extracción y posterior utilización del agua subterránea para el riego.

Figura 1 Representación de la estructura de producción del sector de regadío

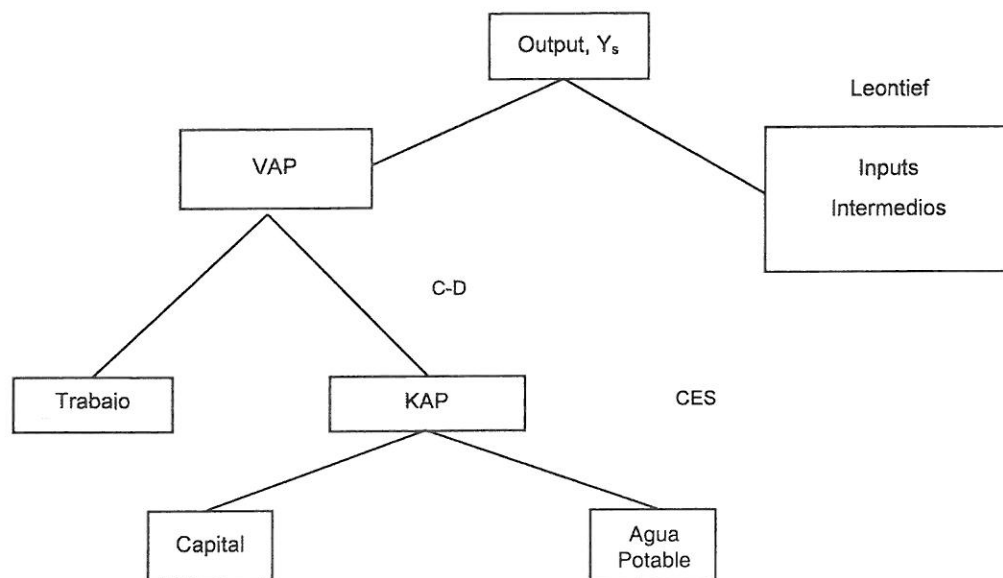


¹⁹ Se asume que los bienes producidos por el sector de secano y por el de regadío son sustitutos imperfectos y que presentan una elasticidad constante de sustitución (Supuesto Armington).

²⁰ No obstante, estas funciones no incorporan otras cuestiones relevantes en el proceso de toma de decisiones del agricultor, como es la aversión al riesgo que le caracteriza o sus preferencias hacia una gestión menos compleja.

Por otra parte, la mayor flexibilidad en el empleo de agua potable por el resto de sectores productivos ante una variación en su oferta o en su precio se ha modelizado mediante una función de elasticidad constante de sustitución (CES) anidada multinivel como la mostrada en la figura 2.

Figura 2. Representación de la estructura de producción de los sectores no agrícolas



En segundo lugar, al plantear un modelo en el que, primordialmente, el origen del agua es subterránea, se ha cubierto un hueco en la literatura mediante el tratamiento de mercados de agua subterránea en un contexto de equilibrio general. Esto ha permitido diferenciar el proceso de extracción del agua e incorporarlo a las funciones de producción de la agricultura (véase el primer nivel de la figura 1) y de la industria de producción y distribución del agua potable²¹, lo cual supone una notable aportación sobre análisis precedentes.

En tercer lugar, se ha planteado y modelizado otro aspecto muy relevante como es la tecnología de desalación de agua de mar²². De esta forma, se puede analizar la eficiencia de un mercado de agua frente a la alternativa de la desalación y, por tanto, cuestionar la necesidad de construir plantas desaladoras con el objetivo de cubrir la demanda de agua potable en periodos de menor disponibilidad del recurso, consecuencia, por ejemplo, de una sequía.

²¹ Que presenta una tecnología de producción Leontief.

²² Mediante una función de producción Leontief.

Finalmente, el modelo ha sido formulado y calibrado²³ mediante el MPSGE (*Mathematical Programming System for General Equilibrium*), modulo del lenguaje de programación GAMS²⁴ (*General Algebraic Modelling System*).

3. PRINCIPALES RESULTADOS

3.1. LA EFICIENCIA EN LA ASIGNACIÓN DE LOS DERECHOS SOBRE EL AGUA

Como se ha apuntado anteriormente, se han simulado dos tipos de transferencias. El primer tipo consiste en una reasignación temporal del agua, durante un periodo de sequía, entre el uso agrícola y el urbano (mercado inter-sectorial)²⁵. El segundo tipo también se trata de una transferencia temporal de agua, pero únicamente entre los diferentes usuarios agrícolas (mercado intra-sectorial). Para modelizar este segundo tipo, el modelo se ha ampliado mediante la desagregación de la agricultura por cultivos y técnica de riego (Tabla 3).

Para la calibración del modelo se ha asumido que la base de datos inicial de referencia constituye un equilibrio del modelo donde no se permiten las transferencias de agua y que representa la asignación administrativa del agua disponible para cada uso/usuario²⁶ en el año 1997. Este es el escenario base que refleja “una situación sin mercado” (*SM*). Para simular el funcionamiento de un mercado de agua (*CM*) hemos adoptado los siguientes supuestos. En el mercado inter-sectorial suponemos que la oferta de agua en alta deja de ser específica para cada uso y que las cantidades disponibles para cada uso pueden ser intercambiadas hasta que la productividad marginal del agua entre el uso agrícola y el urbano se iguale. En el mercado intra-sectorial, la cantidad de agua disponible para uso agrícola deja de ser específica para cada cultivo, aunque continúa siendo uso-específica. Para mostrar las diferencias entre ambas situaciones (con y sin mercado), se han simulado, para cada tipo de mercado, once escenarios de reducción de disponibilidad del recurso, en función de la severidad de la sequía, mediante una reducción secuencial del 5% de las respectivas disponibilidades iniciales. De acuerdo con Tirado (2003), el año base, 1997, puede considerarse casi un año pluviométrico normal, con unos recursos disponibles de, aproximadamente, el 95%.

²³ Véase Tirado (2003) para la descripción completa del modelo.

²⁴ GAMS (2001).

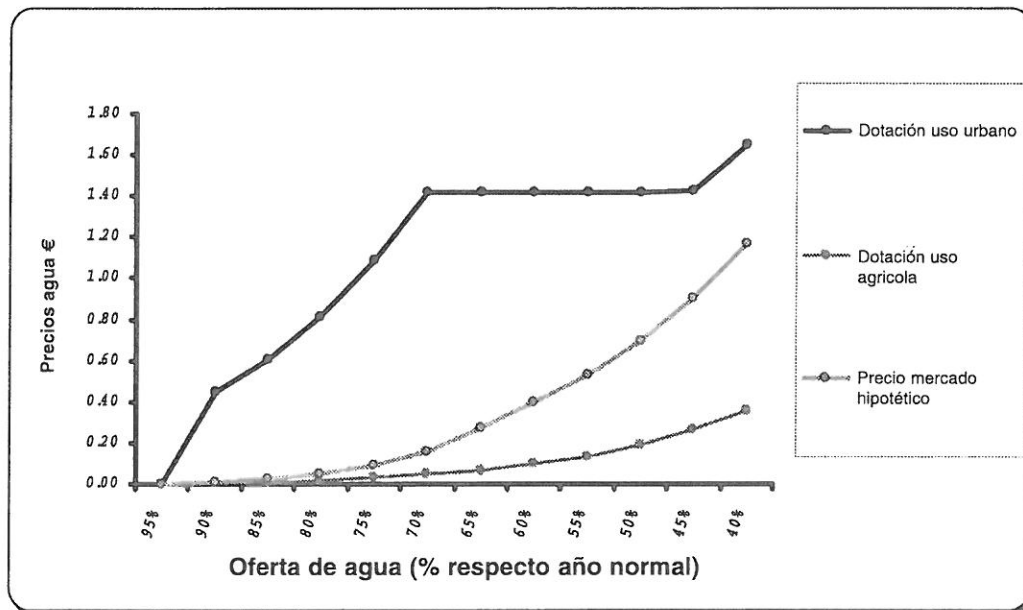
²⁵ Este trabajo ha sido recientemente publicado en la revista *Water Resources Research*, por lo que nos remitimos a Gómez, C.M. *et al.* (2004) para la especificación del modelo y el análisis detallado de los resultados que se presentan en el apartado 3.1.1.

²⁶ Para simular el funcionamiento de un mercado de agua inter-sectorial, suponemos que la cantidad disponible de agua es específica para cada uso (agrícola/urbano), mientras que para la simulación de un mercado intra-sectorial asumimos que el volumen de agua disponible para uso agrícola es, además, específica para cada cultivo o sector de regadío.

3.1.1. Resultados de un mercado de agua inter-sectorial

De acuerdo con Gómez *et. al.* (2004), los resultados obtenidos muestran, en primer lugar, como un mercado de agua permite una reasignación del agua desde el uso agrícola al urbano más eficiente. El gráfico 1 muestra el precio de los servicios del agua para los distintos usos (urbano y agrícola) y niveles de disponibilidad del recurso. En una situación sin mercado, las líneas con marcadores representan el precio sombra del agua en alta para uso urbano (P_{sau}) y para uso agrícola (P_{saa}). Las divergencias en el precio sombra del agua para ambos usos muestran la menor capacidad de adaptación ante una menor disponibilidad del recurso de la demanda para uso urbano y las oportunidades de intercambios de agua mutuamente beneficiosos entre el uso agrícola y el urbano. Mediante la simulación de un mercado de agua se determinará el precio de mercado (P_m), representado en el gráfico 1 por la línea intermedia, que permite igualar el valor marginal del agua en todos los usos.

Gráfico 1. Precios sombra y precio de mercado del agua en alta



En segundo lugar, hipotéticamente, un mercado de agua podría reducir los impactos de una sequía sobre el consumo de agua potable. Como podemos observar en la tabla 4, en una situación sin mercado (SM) la producción de agua potable necesita ser reducida en una cantidad considerable para alcanzar un precio de los servicios del agua potable lo suficientemente elevado para que sea rentable producir agua mediante la desalación, situación que se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye un 25% respecto al escenario base (SB). Por el contrario, si se producen transferencias de agua desde el sector agrícola (CM), la oferta de agua potable existente en el escenario base puede ser mantenida incluso hasta

niveles de sequía intermedios que supongan una reducción de la disponibilidad inicial de agua de hasta el 30%. Obviamente, hasta dicho nivel el precio de los servicios del agua potable pagado por los consumidores se mantendrá prácticamente inalterado, y sólo se incrementará cuando el nivel de sequía sea superior. En definitiva, frente a una asignación administrativa del recurso, el mercado permitiría a los consumidores de agua potable beneficiarse de una mayor oferta y unos precios menores.

Tabla 4
Cantidad de agua en alta bombeada e intercambiada, volumen de agua desalada y producción total de agua potable (Hm³)

SB		Oferta de agua (%respecto un año pluviométrico normal)											
		95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%
SM	Extrac. uso urbano	109	103,55	98,1	92,65	87,2	81,75	76,3	70,85	65,4	59,95	54,5	49,05
	Desalación	0	0	0	0	0	0,52	5,90	11,27	16,62	21,97	27,30	30,00
	Agua potable ¹	109	103,55	98,10	92,65	87,20	82,27	82,20	82,12	82,02	81,92	81,80	79,05
	Precio agua potable	0,83	0,94	1,09	1,28	1,52	1,82	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	2,04
	Extrac. uso agrícola	163,32	155,15	146,99	138,82	130,65	122,49	114,32	106,16	97,99	89,82	81,66	73,49
	CM	Extrac uso urbano ²	109	109	109	109	109	109	109	105,36	100,13	94,93	89,85
	Desalación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Agua potable ¹	109	109	109	109	109	109	109	105,36	100,13	94,93	89,85	84,95
	Precio agua potable	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,89	1,02	1,17	1,36	1,60
	Extrac. uso agrícola	163,32	149,7	136,09	122,47	108,85	95,24	81,62	71,65	63,26	54,85	46,31	37,59
	Transferencias aguas	0	5,45	10,9	16,35	21,8	27,25	32,37	34,51	34,73	34,98	35,35	35,90

¹ Esta cantidad incluye el agua potable obtenida mediante la potabilización del agua subterránea extraída y la obtenida mediante un proceso de desalación de agua de mar.

² Esta cantidad incluye los recursos subterráneos disponibles para uso urbano y las transferencias de agua desde el uso agrícola.

En tercer lugar, es muy importante mostrar que los mercados de agua podrían jugar un papel importante como medio para obtener ahorros sustanciales de agua que pondrían en duda la necesidad del mantenimiento o incremento de las infraestructuras para una mayor regulación de la oferta de agua. En la tabla anterior se puede observar como las plantas de desalación sólo estarán operativas cuando no se permitan los intercambios voluntarios de agua. De esta forma, si los mercados de agua convierten en redundantes estas infraestructuras, se podrían evitar otras distorsiones producidas por el funcionamiento de las mismas. En el modelo que se presenta el precio y la producción de energía son mayores cuando las plantas desaladoras están en funcionamiento, lo que implica unos mayores costes de producción para toda la economía.

En cuarto lugar, evidentemente, una sequía producirá efectos negativos sobre la producción de regadío en ambos escenarios de asignación del agua, tal y como aparece en la tabla 5. No obstante, esta reducción se ve parcialmente compensada por el incremento en la producción de secano como consecuencia de la reasignación de los factores desde el sector de regadío al de secano. Obviamente, en una situación de mercado, las ventas de agua desde el sector de regadío producirán una reducción en su output mayor que la que se produce si no se permiten los intercambios y, por tanto, un aumento mayor en la producción de secano. A pesar de ello, los ingresos procedentes de las ventas de agua y la determinación del verdadero valor de escasez del recurso permiten que la renta agrícola total aumente mientras que en una situación sin mercado ésta disminuye con la sequía. Estos resultados muestran los efectos positivos que pueden tener las transferencias temporales de agua en periodos de sequía restando fuerza a los argumentos contrarios al mecanismo de mercado basados en los posibles efectos regionales negativos sobre las comunidades agrícolas.

Tabla 5
Efectos de una reducción en la disponibilidad de agua sobre el nivel
de actividad y la renta agrícola y sobre el bienestar
(% variación con respecto al nivel del escenario base)

SB	Oferta de agua (%respecto un año pluviométrico normal)												
	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	
Escenario SM													
Produc. Regadío	0	-0,40	-0,92	-1,57	-2,41	-3,48	-4,63	-6,14	-8,11	-10,67	-13,97	-18,21	
Produc. Secano	0	0,39	0,87	1,49	2,28	3,28	4,26	5,53	7,18	9,30	11,97	15,34	
Renta agrícola	0	-0,18	-0,46	-0,87	-1,45	-2,21	-2,48	-2,92	-3,58	-4,56	-5,96	-8,28	
Bienestar regional	0	-0,01	-0,03	-0,06	-0,10	-0,15	-0,25	-0,34	-0,44	-0,55	-0,66	-0,77	
Escenario CM													
Produc. Regadío	0	-0,61	-1,52	-2,92	-5,09	-8,46	-13,63	-18,95	-24,59	-31,38	-39,43	-48,78	
Produc. Secano	0	0,51	1,28	2,46	4,27	7,07	11,26	15,44	19,63	24,20	28,69	32,10	
Renta agrícola	0	0,04	0,10	0,25	0,64	1,57	3,57	5,23	6,38	7,58	8,85	10,32	
Bienestar regional	0	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,08	-0,13	-0,19	-0,28	-0,39	-0,54	

Finalmente, en la tabla anterior se muestra una estimación de la variación equivalente Hicksiana (VE)²⁷ del agente representativo como medida para capturar los efectos sobre el

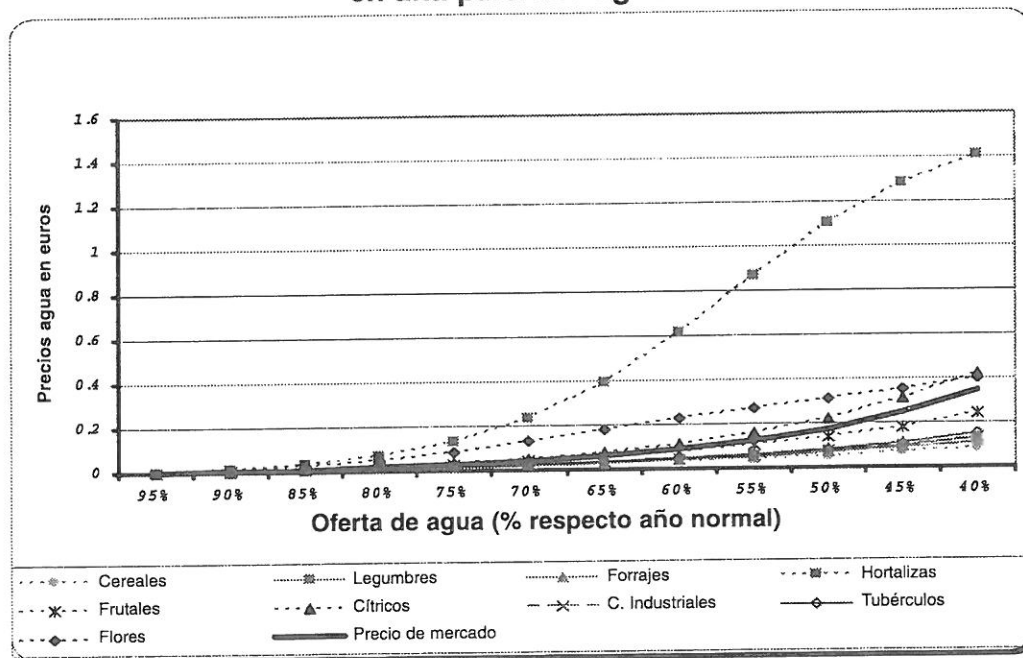
²⁷ La VE, en este caso, sería el aumento de la renta que tendría que recibir el consumidor para que, con los mismos precios del escenario base (sin mercado), obtuviese el mismo nivel de bienestar que el que obtendría en el nuevo escenario (con mercado).

bienestar comentados. Aunque en los dos escenarios de asignación del agua el bienestar disminuye con la sequía, dicha disminución es menor si se permiten los intercambios.

3.1.2. Resultados de un mercado de agua intra-sectorial

Los resultados obtenidos muestran, en primer lugar, las posibilidades de una reasignación del agua entre los diferentes cultivos más eficiente. En el gráfico 2 se muestra el valor que toma el precio sombra del agua para los distintos cultivos ante los diferentes escenarios de disminución de los recursos disponibles. Las divergencias obtenidas en el precio para los distintos cultivos muestran, claramente, las posibilidades de intercambios beneficiosos. Concretamente, el valor del producto marginal del agua asignada al cultivo de hortalizas es significativamente superior al del agua destinada al resto de cultivos para cada simulación de disminución de recursos, mostrando las posibilidades de una reasignación del agua desde los demás cultivos hacia éste más eficiente.

Gráfico 2. Precios sombra y precio de mercado del agua en alta para uso agrícola

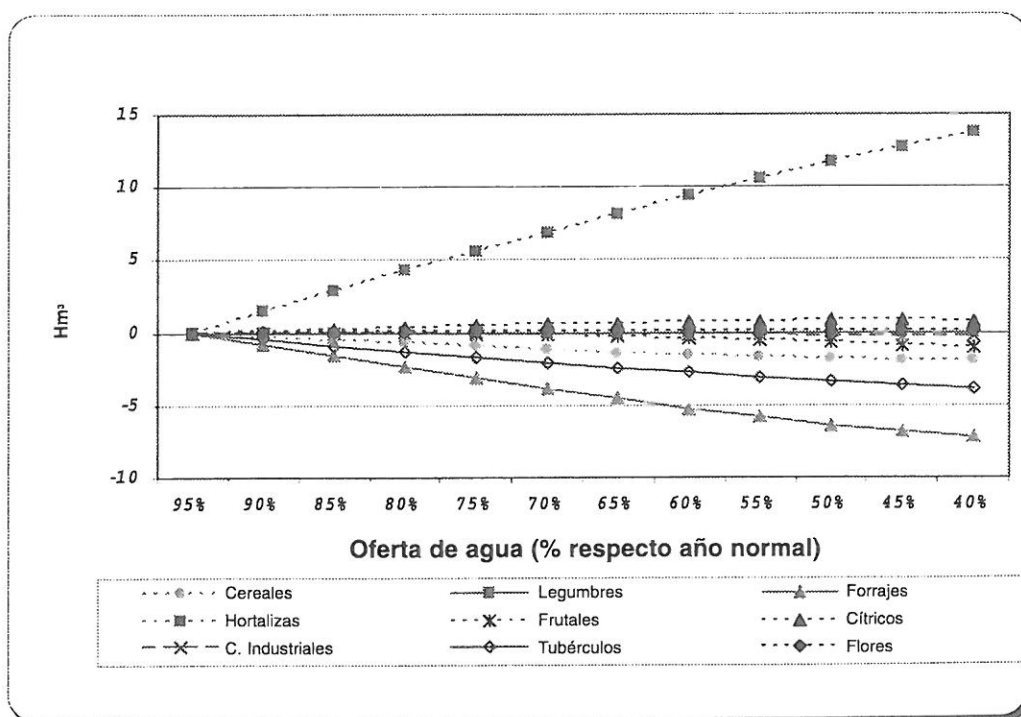


En un escenario donde se permitan intercambios de agua entre los diferentes sectores de regadío (CM), se determinará un precio de mercado, representado en el gráfico 2 por una línea de trazo grueso, que igualará el valor del producto marginal del agua en todos los usos agrícolas. A este precio, es de esperar que el principal comprador de agua sea el sector hortícola, puesto que es, en este cultivo, donde el agua alcanza su mayor productividad margi-

nal. Otros cultivos compradores de agua son las flores y los cítricos, ya que los respectivos precios sombra del agua utilizada para el riego de tales cultivos se encuentran por encima del precio de mercado del recurso. El resto de cultivos (frutales, tubérculos, legumbres, forrajes, cultivos industriales y cereales) presentan un precio sombra inferior al precio de mercado, por lo que serán estos sectores los que venderán parte del agua de la que disponen.

En el gráfico 3 se ilustra la cantidad de agua intercambiada (eje vertical) entre los distintos sectores de regadío para cada nivel de reducción de la oferta simulado (eje horizontal). Si, para un sector concreto, el volumen intercambiado toma un valor negativo, significa que dicho sector transfiere (vende) agua. Si, por el contrario, dicha variable (volumen intercambiado) adopta un valor positivo, el sector compra agua en el mercado. Como podemos observar en dicho gráfico, en efecto, será el sector hortícola el que fundamentalmente comprará agua en el mercado. El resto de sectores compradores (cítricos y flores) comprarán una cuantía significativamente menor debido a las menores diferencias entre el valor del producto marginal del agua en tales usos y el precio de mercado. El resto de cultivos presentan un precio sombra inferior al precio de mercado, por lo que son estos sectores los que venderán parte del agua de la que disponen. El principal vendedor de agua en términos absolutos, cualquiera que sea el nivel de sequía, es el sector de producción de forrajes. Le siguen los tubérculos, los cereales, los frutales, los cultivos industriales y las legumbres.

Gráfico 3. Volumen de agua en alta transferida (hm³) entre los diferentes cultivos



En segundo lugar, es importante destacar el papel que puede desempeñar un mercado de agua como medida para atenuar los efectos negativos que una sequía puede provocar sobre las comunidades agrícolas. Aunque el mercado de agua no evita que el empleo y el Valor Añadido Bruto (VAB) agrícola disminuyan como consecuencia de una sequía, los efectos de ésta se ven aminorados. Como podemos observar en la tabla 6, si se permiten los intercambios de agua entre los distintos sectores agrícolas la disminución en el VAB y en el empleo agrícola es menor que la que se produce cuando no se permiten dichos intercambios. Las transferencias de agua hacia cultivos más rentables y más intensivos en trabajo, especialmente hacia los cultivos hortícolas, cuyas compras suponen más del 90% de las transferencias totales, podrían explicar dichos efectos.

Finalmente, y como vemos en la tabla 9, la mayor eficiencia de una reasignación del agua a través de intercambios voluntarios entre los distintos sectores agrícolas se traduce en una mejora en el bienestar²⁸. Aunque en un escenario con mercado (*CM*) se produce una disminución en el bienestar, consecuencia de la menor disponibilidad del recurso, tal disminución es menor que la experimentada en un escenario sin mercado (*SM*).

3.2. EFECTIVIDAD DE UNA MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA

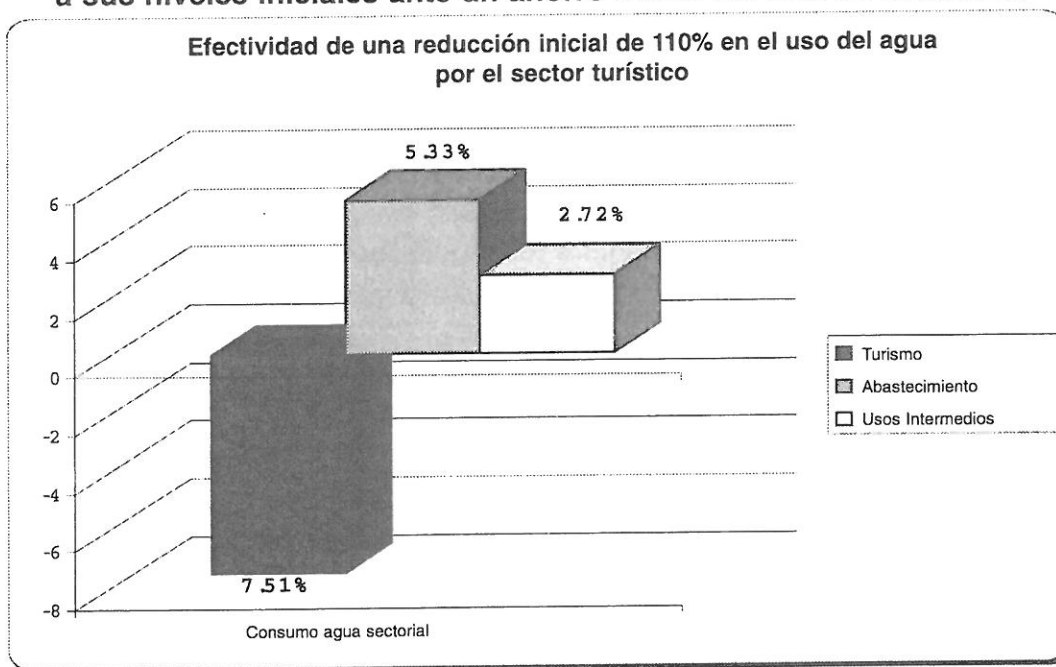
Como se ha señalado anteriormente, un número importante de medidas disponibles para mejorar la calidad de los ecosistemas acuáticos consiste en reducir los requerimientos de agua de las diferentes actividades económicas mediante un aumento de la eficiencia en su uso. Las medidas de eficiencia serán efectivas si mantienen constante el nivel de servicios que el agua proporciona a los diferentes sectores económicos, a la vez que disminuyen las extracciones de agua y, por tanto, permiten obtener una mejora en su estado ecológico. Para mostrar la utilidad de los modelos CGE en la valoración de este tipo de políticas, se ha simulado una mejora tecnológica de ahorro de agua en el sector turístico balear. Concretamente, dicha medida permite reducir inicialmente el consumo de agua potable por el turismo en un 10%, lo que supone, inicialmente, una disminución de 3.9 hm³ en la demanda de agua potable por dicho sector.

La mejora en la eficiencia en el uso del agua por el turismo puede modificar las condiciones de equilibrio del mercado de agua potable y de los otros mercados de la economía. Ello se debe a que, en primer lugar, prácticamente todos los sectores económicos utilizan dicho input en su proceso productivo y, en segundo lugar, existe una importante demanda de agua potable por parte de los consumidores como bien final. Si, de acuerdo con las limitaciones ins-

²⁸ Calculada mediante una estimación de la variación equivalente Hicksiana.

titucionales, la oferta de agua potable es fija²⁹, como supone el modelo, la efectividad de dicha medida de ahorro puede ser cuestionada. El gráfico 4 muestra los efectos sobre el consumo total de agua potable de una reducción del 10% en el consumo inicial de agua por el turismo, una vez que se han producido los ajustes oportunos en los mercados de bienes y factores.

Gráfico 4. Variación porcentual del consumo de agua de agua potable para los distintos usos respecto a sus niveles iniciales ante un ahorro inicial del 10% en el turismo



En el nuevo equilibrio el precio de los servicios del agua potable es menor, concretamente un 8,5% respecto al del escenario base. Ello hace que la reducción en el consumo inicial de agua del 10% en el turismo se vea parcialmente compensada por dicho ajuste y en el nuevo equilibrio de mercado el sector turístico ahorre sólo un 7.5% de sus requerimientos iniciales de agua. Los otros sectores de la economía se beneficiarán de la reducción en el precio y el agua efectivamente ahorrada por el sector turístico será consumida por los residen-

²⁹ Las empresas de abastecimiento y distribución de agua poseen unos derechos concesionales que les permiten disponer de un determinado volumen de agua subterránea que debe ser utilizada para el uso especificado en la concesión. De esta forma, el sector de producción y distribución de agua, mediante la combinación con otros factores productivos, transforma este input primario en agua potable que será demandado por los consumidores, como bien final, o por los demás sectores, como input intermedio.

tes (su consumo se incrementará un 5.3%) y por las demás actividades productivas (su consumo aumentará un 2.7%), sin que se produzca ningún efecto positivo sobre el estado ecológico de las aguas. Por consiguiente, la aplicación de medidas de ahorro de agua en un determinado sector puede conducir a aumentos en las presiones que hagan inefectivas dichas medidas. Este resultado puede verse como un ejemplo de la paradoja descubierta por Stanley Jevons en 1865 y documentada en numerosos estudios sobre valoración de los costes y beneficios de programas de eficiencia energética en EEUU y Europa³⁰.

En definitiva, aunque las medidas de mejora en la eficiencia en el uso de agua en una economía de mercado son necesarias, no son suficientes para garantizar que los ahorros de agua se transfieran al medio ambiente. Para resolver la "Paradoja de Jevons" es imprescindible una reducción del consumo de agua en toda la economía que puede obtenerse, bien mediante el mantenimiento de un precio de los servicios de agua potable por encima del de equilibrio, bien mediante una reducción de los derechos de propiedad de la industria de producción y abastecimiento de agua. En otras palabras, si la oferta de agua no se reduce al mismo tiempo o, alternativamente, los efectos sobre la demanda de agua no se compensan mediante otra medida de política, como incrementos en el precio, las medidas de ahorro de agua no tendrán ningún impacto sobre la calidad de los ecosistemas acuáticos.

4. CONCLUSIONES

En este artículo, se ha presentado un modelo CGE de la economía balear con el objetivo de mostrar la utilidad de esta metodología en el análisis y valoración de diversas políticas hidrológicas en el contexto de implementación de la DMA. Por una parte, hemos mostrado las ganancias potenciales en la eficiencia asignativa del recurso que se derivarían de un cambio en el marco institucional que permita el establecimiento de unos derechos de propiedad transferibles y favorecer, así, la adaptación de la economía a las frecuentes situaciones de sequía.

Los resultados obtenidos demuestran como un mercado de agua inter-sectorial (entre el uso agrícola y el urbano) podría, en primer lugar, reducir los impactos de una sequía sobre el consumo de agua potable, en forma de una mayor oferta y unos menores precios. En segundo lugar, permitiría obtener importantes ahorros de agua que evitarían la construcción de algunas infraestructuras de regulación del agua, como las plantas desaladoras. En tercer

³⁰ En *The Coal Question*, Jevons (1865) mantiene que las ganancias en eficiencia tecnológica, concretamente, un uso más "económico" del carbón, en lugar de producir una disminución en su consumo causa un incremento en su uso y en el de otros recursos. Para ejemplos de la "Paradoja de Jevons" véase Khazzoom (1980), Herring (1999) y Alcott (2005), entre otros.

lugar y al contrario de la opinión más extendida, podría producir efectos positivos sobre la renta agrícola.

Por lo que se refiere a la simulación de un mercado de agua entre los diferentes sectores agrícolas, los resultados obtenidos muestran, en primer lugar, las ganancias potenciales en bienestar que se producirían mediante una reasignación del agua entre los diferentes cultivos. En segundo lugar, el papel que puede desempeñar un mercado de agua como medida para atenuar los efectos negativos que una sequía puede provocar sobre las comunidades agrícolas, en términos de renta y empleo agrícola. Las transferencias de agua hacia cultivos más rentables y más intensivos en trabajo, especialmente los cultivos hortícolas, explicarían dichos efectos.

Finalmente, se ha mostrado como, paradójicamente, las medidas destinadas a incrementar la eficiencia en el uso del agua pueden resultar inefectivas. Para que una medida de ahorro de agua se traduzca efectivamente en una menor extracción, y por tanto en una mejora del estado de los ecosistemas acuáticos, es necesario la aplicación de medidas de acompañamiento, tales como controles de precios o racionamiento de la oferta.

Tabla 6. Efectos de una reducción en la disponibilidad de agua sobre el empleo y el VAB agrícola y sobre el bienestar (%variación respecto al nivel del escenario base)

SB	Oferta de agua (%respecto un año pluviométrico normal)											
	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%
Escenario SM												
VAB agrícola	0	0,02	-0,01	-0,12	-0,36	-0,80	-1,56	-2,79	-4,62	-7,07	-10,11	-13,67
Empleo agrícola	0	-0,13	-0,31	-0,56	-0,91	-1,45	-2,25	-3,45	-5,14	-7,35	-10,06	-13,21
Bienestar	0	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,05	-0,08	-0,13	-0,18	-0,24
Escenario CM												
VAB agrícola	0	0,04	0,05	0,02	-0,05	-0,20	-0,43	-0,80	-1,35	-2,17	-3,39	-5,17
Empleo agrícola	0	-0,13	-0,30	-0,51	-0,78	-1,13	-1,59	-2,20	-3,01	-4,10	-5,59	-7,63
Bienestar	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,06	-0,09

REFERENCIAS

- Alcott, B. (2005): Surveys. Jevons' paradox, *Ecological Economics* 54, págs. 9-21.
- Berck, P., S. Robinson, y G. Goldman (1991): The use of Computable General Equilibrium Models to Assess Water Policies. En Dinar & Zilberman (eds.), *The Economic and Management of Water and Drainage in Agriculture*. Kluwer Academic Publisher, Boston, págs. 489-509.

- Cassells, S. M. y Meister, A. D. (2001) : Cost and Trade Impacts of Environmental Regulations : Effluent Control and the New Zealand dairy sector, *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 45:2, págs. 257-274.
- Decaluwé, B., A. Patry, y L. Savard (1999): When Water is No Longer Heaven Sent: Comparative Pricing Analysis in an AGE Model. Workin Paper 9908, CRÉFA 99-05. Département d'économique, Université Laval.
- Diao, X. y T. Roe (2000): The Win-Win Effect of Joint and Trade Reform on Interest Groups in Irrigated Agriculture in Morocco. En A. Dinar (ed.). *The Political Economy of Water Pricing Reforms*. Oxford University Press, págs. 141-165.
- Dinar, A., Letey, J. (1991): Agricultural Water Marketing, Allocative Efficiency and Drainage Reduction, *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 20, págs. 210-223.
- Dixon, P. B. (1990): A General Equilibrium Approach to Public Utility Pricing: Determining Prices for a Water Authority, *Journal of Policy Modeling*, vol. 12, nº 4, págs. 745-767.
- Easter, K. W., Rosegrant, M. W. y Dinar, A. (1998): *Markets for Water. Potencial and Performance*. A. Kluwer Academic Publishers.
- GAMS (2001): GAMS Development Corp. GAMS Version 2.5, *solver* PATH. Washington D.C.
- Garrido, A. (1996): "¿Qué papel pueden jugar los mercados de agua?". En Embid (dir.) *Precios y mercados del agua*. Ed. Civitas, Madrid, págs. 305-318.
- Gómez, C.M, D. Tirado y J. Rey-Maqueieira (2004): Water exchanges versus water works: Insights from a computable general equilibrium model for the Balearic Islands, *Water Resources Research*, Vol. 40, W10502, págs. 1-11.
- Goodman, D. J. (2000): More Reservoirs or Transfers? A Computable General Equilibrium Analysis of Projected Water Shortages in the Arkansas River Basin, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 25, nº 2, págs. 698-713.
- Govern de les Illes Balears (1999): *Propuesta del Plan Hidrológico de las Islas Baleares. Memoria*. Conselleria de Medi Ambient, Ordenació del Territori i Litoral. Direcció General de Règim Hidràulic. Junta d'Aigües de Balears. Normativa publicada en el Boletín Oficial de les Illes Balears (BOIB), nº 77 de junio de 2002.
- Hearne, R. R. y Easter, K. W. (1995): Water Allocation and Water Markets: An Analysis of Gains-from-Trade in Chile. World Bank Technical Paper, number 315.
- Herring, H. (1999) Does Energy Efficiency Save Energy? The Debate and its Consequences, *Applied Energy*, vol. 63, págs. 209-226.
- Horrige, J. M.; Dixon, P. B.; Rimmern, M. T. (1993): Water Pricing and Investment in Melbourne: General Equilibrium Analysis with Uncertain Streamflow. Working Paper nº IP-63. December 1993. Centre of Policy Studies and The Impact Project, Monash University.
- Howitt, R.E. (1994): Empirical Analysis of Water Institutions: The 1991 California Water Market, *Resource and Energy Economics*, vol. 16, págs. 357-371.

- Israel, M. y Lund, J. R. (1995): Recent California Water Transfers: Implications for Water Management, *Natural Resources Journal*, vol. 35, págs. 1-32.
- Khazzom, J. D. (1980) Economic Implications of Mandated Efficiency Standards for Households Appliances. *Energy Journal*, vol. 1, nº 4: págs. 21-39.
- LEY DE AGUAS, modificada por la ley 46/1999. (2000). Ed. Civitas.
- M.A.P.A. (2001): Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008. Dirección General de Desarrollo Rural. Madrid.
- Naredo, J. (2001): El agua en el ámbito de la sostenibilidad. En : Actes del I Congrés Balears 2015: L'aigua. Perspectives de futur, Palma de Mallorca, 1-2 de febrero.
- Novoa, J. M. (2001): Desalación de agua. En: Actas de las V Jornadas Técnicas de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. El Agua y la Agricultura: Gestión ecológica de un recurso crítico, Mallorca, 26-29 de septiembre.
- Rosegrant, M. W.; Ringler, C.; McKinney, D. C., Cai, X.; Keller, A.; Donoso, G. (2000): Integrated Economic-Hydrologic Water Modelling at the Basin Scale: The Maipo River Basin. EPTD Discussion Paper nº 63. Environmental and Production Technology División. International Food Policy Research Institute, IFPRI. June 2000.
- Seung, C. K., T. R. Harris, J. E. Englin y R. N. Noelwah (2000): Impacts of Water Reallocation: A Combined Computable General Equilibrium and Recreation Demand Model Approach, *The Annals of Regional Science*, vol. 34, págs. 473-487.
- Seung, C. K., T. R. Harris, T. R. MacDiarmid y W. D. Shaw (1998): Economic Impacts of Water reallocation: A CGE Analysis for the Walker River Basin of Nevada and California, *Journal of Regional Analysis and Policy*, vol. 28, nº 2, págs. 13-34.
- Thabet, C., B. MacGregor y Y. Surry (1999): Effects Macro-économiques de la Politique du Prix de l'Eau d'Irrigation en Tunisie, *Economie Rurale*, vol. 254, novembre-décembre 1999, págs. 28-35.
- Tirado, D. (2003): Análisis Económico de la Reasignación del Agua a través del Mercado: Un Modelo de Equilibrio General Computable para Baleares. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Departament d'Economía Aplicada.
- Vaux, H. J. y Howitt, R. E. (1984): Managing Water Scarcity: An Evaluation of Interregional Transfers, *Water Resources Research*, vol. 20, nº 7, págs. 785-792.
- Vergara, A. (1996): El mercado de aguas en el derecho chileno. Titularidades privadas y libertad de transacción en Embid (dir.) *Precios y mercados del agua*. Ed. Civitas, Madrid, págs. 325-339.
- Weinberg, M.; Kling, C.L.; Wilen, J. E. (1993): Water Markets and Water Quality. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 75, págs. 278-291.
- Xie, J. y Saltzman, S. (2000): Environmental Policy Análisis: An Environmental Computable General-Equilibrium Approach for Developing Countries, *Journal of Policy Modeling*, 22 (4), págs. 453-489.