

Un modelo de equilibrio general aplicado a Baleares: análisis económico de la reasignación intrasectorial del agua para uso agrícola (*)

DOLORES TIRADO B. (**)

CARLOS M. GÓMEZ G. (***)

JAVIER LOZANO (**)

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales que caracteriza al archipiélago balear es la escasez de agua. Esta se produce debido a la irregular distribución temporal del agua entre los meses de invierno (65 por ciento 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 (1) de los embalses y de alguna de las principales unidades hidrogeológicas, se sitúa entre el 30 y el 50 por ciento del volumen utilizable en un año medio).

Este problema de escasez física, junto con las características de la oferta de agua (el 90 por ciento es de origen subterráneo), ha causado una creciente conflictividad entre los diferentes usos del agua. Por un lado, el rápido desarrollo del turismo experimentado a partir de los años 60 ha producido un aumento significativo de la población, tanto residente como estacional (2), que se ha traducido en un

(*) Los autores agradecen las ayudas recibidas del Govern de les Illes Balears (PRIB-2004-10142), del Ministerio de Ciencia y Tecnología y las sugerencias de los evaluadores.

(**) Dpto. de Economía Aplicada de la Universidad de las Islas Baleares.

(***) Dpto. de Fundamentos de Economía e Historia Económica de la Universidad de Alcalá.

(1) El Plan Hidrológico de las Islas Baleares (en adelante PHIB) define los recursos utilizables como aquella parte de los recursos naturales superficiales y subterráneos que puede ser objeto de una explotación sostenible y que en el periodo de redacción del Plan alcanzaban, aproximadamente, el 50 por ciento de los recursos naturales totales.

(2) Según el PHIB, la población total equivalente en 1996 ascendía a 1.069.406 habitantes (cifra compuesta por 760.379 de población residente y 309.027 de población estacional).

aumento de la demanda para uso urbano, entre un 6 y 10 por ciento anual, y en unas expectativas de crecimiento futuro. Por otro lado, continúa existiendo un uso tradicional del agua en la agricultura que, como podemos observar en el cuadro 1, representa alrededor del 60 por ciento del consumo total. Así pues, el problema central se convierte en un problema de escasez económica, socialmente generada (3), que se ha traducido en una situación de deterioro de los recursos hídricos con graves problemas de salinización y sobreexplotación (4).

Cuadro 1

CONSUMO DE AGUA POR PROCEDENCIA Y SECTORES (hm³/año)

	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.

Desde 1994, para cubrir los importantes déficit de cantidad y/o calidad del agua para abastecimiento que se han producido, especialmente en periodos de sequía, se ha recurrido a medidas como el trasvase de agua desde el Delta del Ebro o la desalación de agua de mar. Por lo que se refiere a la primera, la operación, que se inició en 1995 y duró 30 meses, permitió obtener unos recursos adicionales de 17 hm³ (Novoa, 2001). Dicho trasvase supuso unos elevados costes de explotación (5) (aproximadamente 2 €/m³) y una clara inefi-

(3) Como apunta en Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 1998), es de esperar que los problemas de déficit hídrico actualmente existentes en la mitad sur-este de España se vean agravados ante las previsiones de incrementos demográficos a medio y largo plazo. Concretamente, de acuerdo con Tirado (2003), la cuenca hidrográfica de Baleares concentraba, a mediados de los años noventa, el 1,9 por ciento de la población española, mientras que sólo disponía del 0,65 por ciento de los recursos totales.

(4) Así, por ejemplo, más del 50 por ciento de las unidades hidroclológicas de la isla de Mallorca presentan problemas de sobreexplotación o salinización y un 19 por ciento presentan concentraciones elevadas de nitratos.

(5) Estos costes no incluyen los cerca de 9 millones de euros que la Administración invirtió en infraestructuras para hacer posible el trasvase.

ficiencia si tenemos en cuenta, tal y como señala Naredo (2001), que el transporte en barco de 30.000 m³ es el equivalente al consumo anual de agua de unas 3 hectáreas dedicadas al cultivo de maíz en Baleares. Por otra parte, la solución de la desalación no es una panacea; los costes ambientales y económicos están bien documentados. Como señala Naredo (2001), desalar un metro cúbico de agua exige un consumo mínimo del equivalente a un kilo de petróleo y supone un coste estimado, de acuerdo con los precios del petróleo vigentes en el año 2000, de 0,6 euros. Actualmente, y de acuerdo con los cálculos elaborados por el Govern de les Illes Balears (2005), el coste medio ponderado para el conjunto de las plantas desaladoras de Baleares es de 1,06 €/m³.

No parece que estas medidas respondan a un modelo de gestión hidráulica eficiente, sino más bien a una gestión tradicional del agua, basada en políticas de oferta, con la finalidad de satisfacer las demandas crecientes. Además de los mencionados costes económicos y ambientales de este tipo de políticas, debemos añadir el aumento de la escasez económica del agua en el largo plazo (6). De acuerdo con la opinión generalizada de los expertos (7), es necesaria una reorientación de dicha gestión hidráulica hacia políticas de demanda que incluyan la conservación, reutilización y una mejora en la eficiencia en el uso y en la asignación del recurso. Se trataría de llevar a cabo una gestión más eficiente de la demanda en todos los usos que incentive el ahorro de agua aportando, de esta forma, «nuevos» recursos disponibles, y que permita una reasignación del agua, entre los distintos usos o usuarios, más eficiente. En esta misma dirección se dirigen los nuevos enfoques para el desarrollo de las políticas de gestión y planificación hidrológica de los principales organismos internacionales (OCDE, Asociación Internacional de Abastecimiento de Agua, Unión Europea y Banco Mundial). En el caso concreto de la Unión Europea, la Directiva Marco del Agua, DMA (2000) (8), 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. Para ello se recomienda el uso de instrumentos económicos y el establecimiento

(6) Así, por ejemplo, en el verano de 2000 la capacidad de desalación resultó insuficiente y fue necesario, como medida de urgencia, la instalación de las unidades modulares de desalación.

(7) Véase, entre otros, White (2001), Pigram (1999), Easter et al. (1998), Sumpsi et al. (1998), Aguilera (1998), Arrojó y Naredo (1997), Dinar y Letry (1996), Garrido (1996), Fisher et al. (1995), Howitt (1994), Postel (1993), Young y Haveman (1985), Rosegrant y Binswanger (1994), Howe et al. (1986).

(8) 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).

de tarifas del agua que permitan la recuperación de todos los costes de los servicios del agua.

En España, la aplicación de la DMA se ha empezado a concretar en una serie de actuaciones, Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua (AGUA) (9), diseñadas para garantizar la disponibilidad y calidad del agua en todo el territorio español. Entre las actuaciones concretas cabe destacar la creación de Bancos Públicos del Agua en todas 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. Aunque la actual legislación (Ley de Aguas, modificada por la ley 46/1999, 2000) permite la introducción del mercado como instrumento de gestión, todavía resulta necesaria una modificación de la Ley de Aguas (10) para eliminar los obstáculos legales que actualmente dificultan los intercambios de derechos.

Las transferencias que la legislación contempla son de dos tipos: 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]. En esta dirección, el anterior gobierno autonómico propuso la creación de un Banco de Agua Agraria, con el objetivo de facilitar y promover los intercambios de derechos sobre agua entre los agricultores de una misma zona (11).

(9) Aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente en junio de 2004.

(10) Acordada en febrero de 2005 por el Consejo Nacional del Agua.

(11) Debido a la situación de deterioro de la mayoría de las unidades hidrológicas de Baleares, el Gobierno de las Islas Baleares redujo, mediante el decreto 88/2000, el volumen de extracciones de las unidades hidrológicas clasificadas y limitó las concesiones de nuevos derechos de explotación en las no clasificadas. Para evitar los efectos negativos de dichas medidas sobre el sector agrario, se creó el Banco de Agua Agraria, de manera que los titulares de derechos de uso agrícola pudieran ceder temporalmente (a través del banco) el derecho a utilizar un determinado volumen, aunque sin contraprestación alguna (o simbólica). Por tanto, no podemos decir que se trate propiamente de un Centro de Intercambio, tal y como lo define la Ley de Aguas, o un Banco de Agua similar a los desarrollados, principalmente, en California.

En este sentido pensamos que la implantación de un mercado de agua intrasectorial, donde se permitan las transferencias de agua en el sector agrícola, podría proporcionar considerables mejoras de la eficiencia en el uso del agua para riego, tal y como señala Garrido (1996). La importancia de este resultado es fundamental si consideramos que el consumo de agua para regadíos en Baleares representa el 60 por ciento del consumo total.

En el caso de Baleares, creemos que se dan las condiciones suficientes para que la introducción de un mercado de agua permita una asignación más eficiente del recurso entre sus diferentes usos. Tales ganancias en eficiencia son de gran importancia si consideramos la escasa rentabilidad de la agricultura en Baleares, que ha ocasionado una merma de dicha actividad (12), así como la previsible disminución a medio plazo de las ayudas de la PAC, dada la ampliación de la UE a los países del Este. La nueva orientación de la PAC, inspirada por la Agenda 2000, hacia los objetivos de mejora de la competitividad y aproximación de los precios a los del mercado mundial, realza también la relevancia de cualquier medida que fomente la eficiencia agrícola.

Uno de los principales argumentos en contra de la implantación de un mercado de agua es que puede ocasionar efectos regionales negativos sobre las comunidades agrícolas (13). La literatura que trata este aspecto arroja resultados contradictorios (14). Como argumentan Calatrava y Garrido (2001), ante la futura modificación de la legislación en materia de agua y aplicación de la DMA, se hace necesario profundizar en el análisis de estos efectos.

Con todo lo dicho, en este artículo analizamos los efectos del establecimiento de un mercado de agua entre agricultores en las Islas Baleares. Para simular el funcionamiento del mercado propuesto hemos construido un Modelo de Equilibrio General Computable (CGE) que intenta aproximarse a la estructura económica y a la problemática hidrológica de Baleares (15). El modelo se emplea para

(12) En 1997, la aportación del sector agrícola al PIB balear fue de sólo el 1,6 por ciento frente al 83,8 por ciento del sector servicios.

(13) Véase Tirado (2003) para una explicación más detallada.

(14) Por ejemplo, Saliba (1987), Howe et al. (1990) y Nun e Ingram (1988) muestran la existencia de efectos negativos, mientras que Dinar y Lety (1991), Rosegrant et al. (1995), Rosegrant et al. (2000) o Vergara (1996) documentan efectos positivos. Calatrava y Garrido (2001) muestran, mediante un modelo no lineal de programación matemática, como un mercado de agua entre diferentes comunidades de regantes (CCRR) localizadas en la cuenca del Guadalquivir aumentaría la cantidad de empleo eventual agrícola creado en la región, aunque en las CCRR que vendieran agua se produciría una disminución del empleo.

(15) Véase Tirado (2003) para la especificación del modelo CGE propuesto.

comprobar cómo un mercado de agua entre agricultores afecta a la respuesta de la economía balear a las variaciones interanuales en la dotación de agua fruto de la irregularidad de las precipitaciones. Así pues, los objetivos de este trabajo son, en primer lugar, mostrar las posibilidades de aplicación de la metodología CGE en el campo de la gestión hidráulica y contribuir al desarrollo de la todavía escasa literatura que la utiliza. En segundo lugar, analizar las ganancias en eficiencia de una reasignación del agua, facilitada por el mercado, entre los diferentes cultivos ante una reducción de la dotación de agua disponible para riego. En tercer lugar, mostrar los efectos regionales que, sobre las comunidades agrícolas, puede producir el establecimiento de dicho mercado.

2. MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADOS A LA GESTIÓN HIDRÁULICA

La literatura económica del agua está prestando una atención creciente a la metodología de equilibrio general como un instrumento adecuado para el análisis de los problemas vinculados a la gestión del agua. El motivo estriba en que el agua constituye un input empleado por la mayoría de actividades productivas y, a su vez, un output altamente valorado por los consumidores. Cualquier cambio en la oferta o en la demanda de dicho bien en un sector tendrá efectos sobre el resto de sectores de la economía. Por tanto, para valorar las distintas políticas hidráulicas resulta útil disponer de una estructura, como la de los modelos de equilibrio general computable (CGE), que sea capaz de reflejar el conjunto de interdependencias que caracterizan la economía, algo para lo que un análisis de equilibrio parcial se muestra insuficiente. En el caso concreto de un mercado de agua, cualquier cambio en la distribución de los derechos de propiedad sobre el agua probablemente tendrá consecuencias sobre la composición sectorial de la producción, sobre el empleo, sobre los costes y precios, sobre la distribución de la renta y sobre el bienestar regional que el equilibrio parcial no puede recoger adecuadamente (16).

Los modelos CGE han sido aplicados en el campo de la gestión hidráulica para comparar distintos escenarios de política, como el estudio desarrollado por Berck *et al.* (1991), quienes usan un mode-

(16) Por poner un ejemplo, el trabajo de Calatrava y Garrido (2001) permite mostrar cómo un mercado de agua entre CCRR proporciona un doble beneficio resultante del incremento en la renta de los propietarios de las explotaciones y del aumento de la mano de obra empleada. No obstante, la metodología empleada no permite cuantificar el efecto total sobre el bienestar regional. Los modelos CGE, como el que aquí se presenta, sí son apropiados para cuantificar las ganancias en el bienestar regional, así como las variaciones en el empleo y en el VAB agrícola.

lo 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 del agua.

Sin embargo, el empleo de modelos CGE para analizar la reasignación de agua entre usos o usuarios se limita a unos pocos estudios. Así, Seung *et al.* (1998) examinan los efectos de una reasignación del agua desde el uso agrícola al recreativo en la Cuenca del río Walker (17) y 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). 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 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 *et al.* (2004) demuestran, mediante un modelo CGE aplicado a Baleares, las ganancias potenciales en eficiencia que se podrían obtener mediante el establecimiento de un mercado de agua entre el uso agrícola y el urbano. La mayor flexibilidad que proporciona un mercado de agua permitiría hacer frente a las sequías cíclicas que caracterizan el régimen hídrico de las islas evitando la construcción de nuevas plantas desaladoras con tal fin.

En definitiva, el análisis de un mercado de agua requiere una visión completa de toda la economía. Con esta finalidad, hemos utilizado un modelo CGE para analizar cómo una reasignación de los derechos sobre agua para uso agrícola en Baleares, puede incrementar la eficiencia en el uso del agua en dicha actividad y producir efectos regionales positivos en términos de empleo y renta agrícola. Por otra parte, pretendemos mostrar las posibilidades de aplicación de esta metodología en el campo de la gestión hidráulica y contribuir al desarrollo de la escasa literatura que la utiliza.

(17) Localizada en el Noroeste de Nevada y de California.

A pesar de las ventajas ya comentadas, el uso de modelos CGE también conlleva algunos inconvenientes que podrían contribuir a explicar el hecho de que, hasta la fecha, no haya habido una mayor utilización de esta metodología en el campo de la gestión hidráulica. En primer lugar, se requiere la construcción de una base de datos con gran cantidad de información pormenorizada sobre todos los flujos de ingresos y gastos que se producen en la economía y sobre las fuentes, recursos disponibles y usos del agua por los distintos agentes económicos y su contribución a la generación de valor. Con frecuencia, la insuficiencia de datos limita las posibilidades de desagregación. Además, en el caso español, la falta de integración de las variables ambientales en la elaboración de las tablas input-output exige al investigador el resolver las inconsistencias existentes entre los datos económicos y los hidrológicos.

En segundo lugar, la sofisticación de este tipo de modelos no permite testar fácilmente su estructura. Así, por ejemplo, las formas funcionales utilizadas en la modelización de un CGE se limitan a la familia de funciones de elasticidad constante de sustitución (CES) y no existen instrumentos para testar fácilmente la idoneidad de tales funciones.

En tercer lugar, los resultados son 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, la metodología de equilibrio general parece adecuada para una medida de política hidrológica con importantes efectos intersectoriales como la que se propone en este trabajo.

3. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

Hemos diseñado un modelo teórico estático que intenta aproximarse a la estructura económica e hidrológica de las Islas Baleares y reflejar las principales características de la estructura agrícola balear. Para ello, y de acuerdo con el cuadro 2, se han distinguido dieciséis sectores agrícolas, en función del tipo de cultivo y la tecnología de producción empleada (secano/regadío). El resto de sectores se han agrupado en siete sectores productivos: uno que englobaría la ganadería, pesca y el resto del sector primario, el sector de producción y distribución de agua potable y los sectores energético, industrial, de construcción, turístico y de servicios.

Cuadro 2

SECTORES AGRÍCOLAS DEL MEGA (MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO)
PARA BALEARES

Cultivo	Tecnología productiva	Sectores	Superficie (ha)
Cereales	Secano	Sector 1	31.934
	Regadío	Sector 2	2.240
Legumbres	Secano	Sector 3	2.087
	Regadío	Sector 4	28
Tubérculos	Regadío	Sector 5	2.930
Forrajes	Secano	Sector 6	8.302
	Regadío	Sector 7	4.029
Hortalizas	Secano	Sector 8	296
	Regadío	Sector 9	6.308
Cítricos	Regadío	Sector 10	3.224
Frutales	Secano	Sector 11	68.507
	Regadío	Sector 12	2.531
Cultivos Industriales	Secano	Sector 13	9
	Regadío	Sector 14	268
Flores	Regadío	Sector 15	211
Otros cultivos (*)	Secano	Sector 16	24.579

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del PHIB, Govern de les Illes Balears.

(*) Incluye cultivos de secano como el olivar, algarrobo, viñedo, etc.

Cada sector produce un bien o servicio distinto. Si bien es cierto que los productos agrícolas pueden producirse mediante la técnica de secano o regadío, lo que conduciría a que ambos sectores produjeran un mismo bien, las condiciones climatológicas de las islas conducen a que la composición de los productos agrícolas concretos dependa de la técnica elegida. Por tanto, asumimos que los bienes producidos por el sector de secano y por el de regadío son sustitutivos imperfectos. De esta forma, la producción agrícola para cada cultivo será un agregado Armington de la producción de regadío y de secano (18), siendo este agregado el bien demandado en el mercado.

Los supuestos sobre la movilidad de los factores productivos están condicionados por el objetivo de representar la respuesta de los agentes económicos a un fenómeno transitorio como es la variabilidad interanual en la disponibilidad de agua. Por tanto, como el aná-

(18) Para aquellos cultivos que sólo se producen en regadío o en secano sólo se diferencia el sector concreto (véase cuadro 2).

lisis es de corto plazo, deberemos suponer el carácter específico de algunos factores. Así, si bien consideramos que el trabajo es móvil entre todos los sectores de la economía, suponemos por el contrario que el capital es fijo y específico para cada sector. En el caso de la agricultura, aunque consideramos que dicho factor es fijo y específico por cultivos (19), admitimos su movilidad entre las técnicas de secano y regadío para el mismo cultivo, recogiendo de esta forma la posibilidad de que el agricultor, ante una sequía transitoria, simplemente abandone el riego. El mismo motivo nos lleva a considerar que la tierra, que sólo se utiliza en la agricultura, es fija y específica para cada cultivo, aunque móvil entre las técnicas de secano y regadío aplicadas al mismo cultivo. Por otra parte, consideramos que la oferta de agua es uso y sector-específica al mismo tiempo. Es decir, existe una dotación de agua que puede destinarse al uso agrícola o al uso urbano. Tanto los agricultores como las empresas de abastecimiento y distribución de agua poseen unos derechos concesionales o unos derechos de uso privativo que les permiten disponer de un determinado volumen de agua subterránea y que debe ser utilizada para el uso especificado en el derecho, no permitiéndose el intercambio. De esta forma, el sector de producción y distribución de agua, mediante la combinación con otros factores productivos, transformará el agua extraída para dicho uso en agua potable, que será demandada por los consumidores, como bien final, o por los demás sectores como input intermedio. Por otra parte, la dotación de agua para uso agrícola es, inicialmente, específica para cada cultivo o sector de regadío.

El modelo incorpora cuatro tipos de agentes: los consumidores, las empresas, el gobierno y el resto del mundo. El modelo contempla un tipo de consumidor, un agente representativo, que describe las demandas de mercado y las dotaciones iniciales de todos los factores primarios. Del mismo modo, el modelo describe el comportamiento de las empresas mediante una empresa representativa para cada sector. En cuanto al sector público, se asume que su papel se limita a recaudar unos ingresos impositivos que son devueltos a los consumidores en un pago fijo y único, *lump-sum income*.

La modelización de una economía regional, como la balear, supone adoptar el supuesto de una economía abierta pequeña. Como tal, la

(19) En el modelo desarrollado por Berck et al. (1991) se supone que el capital es fijo y específico para cada sector (cultivo) puesto que, a diferencia de nuestro modelo, no contempla la posibilidad de producir un mismo cultivo mediante dos técnicas productivas diferentes.

oferta de importaciones de todos los bienes y servicios comercializables es perfectamente elástica a los precios fijados internacionalmente al igual que la demanda de exportaciones de dichos bienes, excepto para la demanda de exportaciones de los servicios turísticos. La influencia del sector turístico balear en el ámbito nacional e internacional nos lleva a considerar una demanda de exportaciones de servicios turísticos con pendiente negativa. Por otra parte, la imperfecta sustituibilidad de la producción doméstica y la producción exterior de los bienes y servicios comercializables nos lleva a adoptar el supuesto de Armington. Finalmente, existen dos bienes, agua potable y construcción, que suponemos no comercializables.

3.1. La tecnología de producción agrícola

Las ganancias potenciales de un mercado de agua agrícola dependen, en buena medida, de las posibilidades de sustitución entre los factores primarios de producción. Adicionalmente, los sectores agrícolas pueden ajustarse ante una menor oferta de agua disponible o ante un incremento en su precio cambiando la composición de la producción agrícola entre los cultivos de secano y regadío. Para incluir todas las posibles alternativas de ajuste hemos modelizado, por un lado, las tecnologías de producción de los cultivos de regadío y de secano mediante una función de elasticidad constante de sustitución (CES) anidada multinivel. Por otro lado, la producción de cada cultivo como un agregado de la producción de secano y regadío mediante una función de elasticidad de sustitución constante.

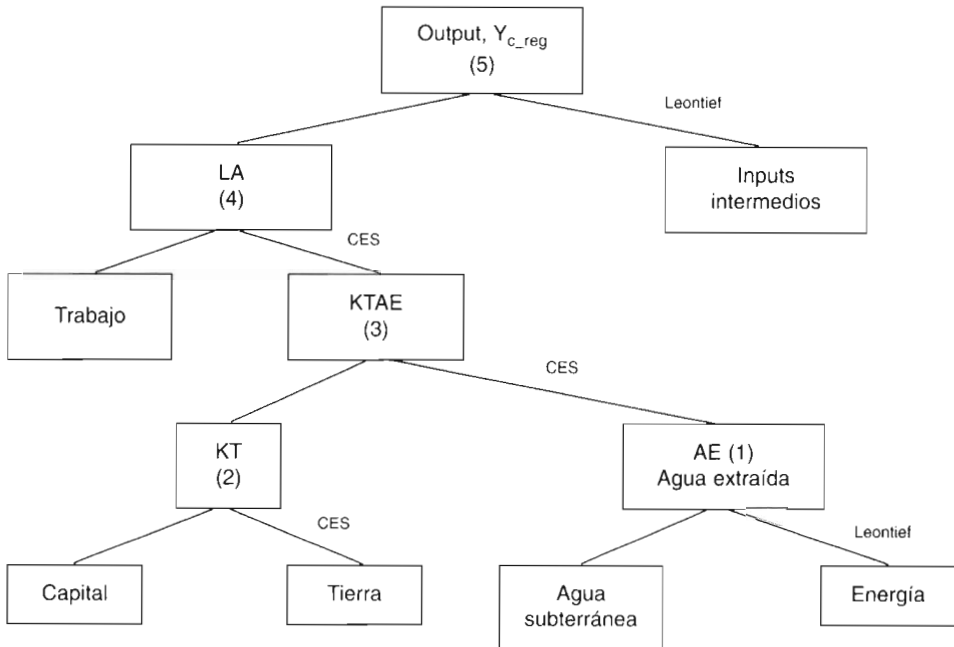
En la figura 1 se muestra la tecnología de producción de los sectores de regadío. La tecnología de los cultivos de secano únicamente se diferencia en que no utiliza agua en su proceso productivo.

En el primer nivel de la estructura, en la parte derecha, se muestra la tecnología de extracción del agua subterránea, donde el agua y la energía necesaria para bombearla se combinan en proporciones fijas para obtener agua extraída. Los modelos existentes sobre transferencias no abordan dicha cuestión, al tratarse de aguas superficiales reguladas por la administración. No obstante, pensamos que el tratamiento de un mercado de agua subterránea requiere la incorporación de los costes de bombeo en la función de producción del agricultor para analizar correctamente sus ajustes y decisiones ante variaciones en la dotación.

En el segundo anidamiento del primer nivel, en la parte izquierda, se combinan los demás factores específicos, capital y tierra, para producir el agregado capital-tierra, KT . Siguiendo a Boyd y Newman

Figura 1

REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA DE LOS SECTORES DE REGADÍO



(1991) y Decaluwé *et al.* (1999) la relación entre ambos factores obedece a una función de elasticidad constante de sustitución. La estructura descrita sitúa en el primer nivel del proceso productivo el empleo de los factores fijos y específicos para los distintos cultivos, separando el proceso inicial de extracción de agua y el empleo de los demás factores específicos que presentan costes hundidos (capital y tierra). Siguiendo a Goodman (2000), en el segundo nivel de la estructura productiva, el agregado capital-tierra, KT y el agua extraída, AE, se combinan mediante otra función CES, para obtener el agregado KTAE. Este anidamiento permite mostrar el hecho que el agricultor, ante una reducción de la dotación de agua disponible para riego, responderá inicialmente reasignando sus recursos (capital y tierra) entre los sectores que producen el mismo cultivo (secano/regadío), introduciendo una mayor flexibilidad que otros modelos existentes en la literatura (20).

(20) Como el de Berck *et al.* (1991) y Seung *et al.* (1998) donde la relación entre la tierra y el agua aparece especificada como una función Leontief.

Posteriormente, en un tercer nivel, el agregado KTAE se combina mediante una CES con el trabajo para obtener un agregado (LA) del capital, trabajo y los recursos naturales utilizados por la agricultura. Finalmente, en el último nivel, la combinación, mediante coeficientes fijos, de todos estos factores con los inputs intermedios nos permiten obtener la producción final del cultivo de regadío, Y_{c_reg} . La estructura productiva de los sectores de secano, Y_{c_sec} , es similar a la estructura del sector de regadío, con la excepción del primer anidamiento correspondiente a la extracción y utilización del agua subterránea (AE) que desaparece.

Como hemos dicho anteriormente, la producción total de cada cultivo es un agregado Armington de la producción de secano, Y_{c_sec} , y la de regadío, Y_{c_reg} , y presenta una elasticidad constante de sustitución (CES). De esta forma, la producción total de un cultivo, Y_c , que constituye el bien comercializable, puede destinarse a la demanda interna, D_c , o a la exportación, X_c . Siguiendo la metodología Armington, asumimos una elasticidad de transformación constante (CET) de este bien comercializable: $Y_c = f(Y_{c_sec}, Y_{c_reg}) = g(D_c, X_c)$.

Para aquellos cultivos, que sólo se producen bajo una técnica concreta (secano o regadío), únicamente se diferencia el sector concreto cuya producción puede destinarse al mercado doméstico o a la exportación: $Y_c = Y_{c_reg} = Y_{c_sec} = g(D_c, X_c)$.

3.2. La tecnología de producción de los sectores no-agrícolas

El sector de producción y distribución de agua, wp, extrae y transforma el stock de agua disponible en los acuíferos para uso urbano en agua potable según un proceso de producción caracterizado por el empleo de capital, trabajo, agua e inputs intermedios en proporciones fijas.

La tecnología de producción del resto de sectores se modeliza mediante una función de producción de triple anidamiento como la mostrada en la figura 2.

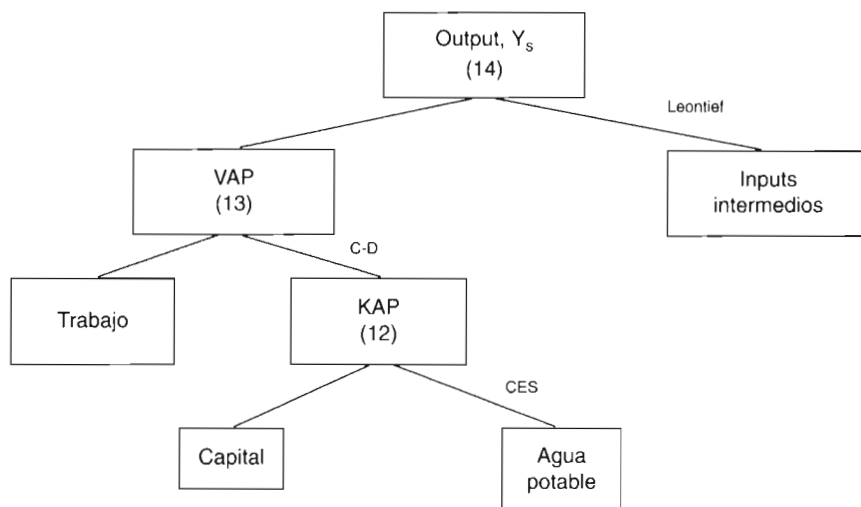
Cada sector productivo produce dos tipos de «bienes»: aquellos destinados al mercado doméstico, D_s y los destinados a la exportación, X_s . El supuesto de imperfecta transformación entre ambos destinos aparece recogido en la adopción de una función CET, $g(D_s, X_s)$.

3.3. La demanda final y el equilibrio macroeconómico

Existen dos tipos de impuestos que son recaudados por el sector público y devueltos a los consumidores en forma de transferencia de

Figura 2

REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN DEL RESTO DE SECTORES



cuantía fija y única. Los impuestos indirectos sobre la producción, que gravan tanto los bienes destinados a la venta doméstica como los destinados a la exportación, y un impuesto sobre el valor añadido que se aplica sobre el agregado Armington.

La demanda final está compuesta por la inversión, INV, el consumo y los intercambios con el resto del mundo. A corto plazo la inversión es exógena y definida mediante un agregado Leontief de los bienes comercializables y los no comercializables.

Tanto la demanda de importaciones como la oferta de exportaciones serán satisfechas a los precios fijados internacionalmente, y ambas obedecen a la especificación de las funciones que caracterizan la adopción del supuesto Armington. La demanda de exportaciones de turismo presenta una elasticidad constante de sustitución.

Finalmente, los consumidores maximizan una función de utilidad tipo Stone-Geary. Los ingresos obtenidos de la venta de los factores primarios, junto con la recaudación de los impuestos, constituyen la renta del consumidor. Una vez cubierta su demanda de bienes de inversión y de ahorro interno el resto de la renta se dedica al consumo. Dado que el agua potable es un bien de consumo esencial,

hemos asumido que existe un determinado consumo mínimo de subsistencia (21).

4. IMPLEMENTACIÓN EMPÍRICA

El modelo se ha desarrollado a partir de la información contenida en las tablas input-output de las Islas Baleares (TIOB/1997) a partir de la cual se ha construido una matriz de contabilidad social (SAM) que se presenta en el cuadro 3. El valor de la producción final de cada cultivo se ha calculado a partir de los datos de la Red Contable Agraria Nacional para 1997 (MAPA, 1999) y de los facilitados por la Conselleria d'Agricultura del Govern de les Illes Balears para ese mismo año.

Se ha asumido que la suma de las partidas de Salarios y retribuciones y Cotizaciones sociales de las TIOB constituyen las rentas del trabajo. El valor de las rentas de la tierra se ha calculado a partir de los datos proporcionados por la Conselleria de Agricultura y la Encuesta anual de precios de la tierra para 1997. Las rentas del capital se han calculado como diferencia entre el valor añadido bruto a coste de factores y las rentas del trabajo y de la tierra. Por razones de simplicidad hemos considerado el consumo de los no residentes como exportaciones (22).

Aparte de la información económica disponible en las tablas input-output, nuestro modelo requiere disponer de datos referentes a las distintas dotaciones de agua. De acuerdo con el PHIB, la dotación de agua urbana asciende a 109 hm³ e incluye 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 abastecimiento. Atendiendo a los datos sobre superficie por cultivos proporcionados por la Conselleria d'Agricultura i Pesca, a los referentes al consumo neto (23) por cultivos del Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 2001) y suponiendo un coeficiente de retorno del 22 por ciento, se ha calculado el consumo bruto por cultivo para el año 1997, cuyos resultados se muestran en el cuadro 4. Como podemos observar, la dotación total de agua para uso agrícola asciende a 163.317 hm³.

(21) *La falta de datos nos lleva a asumir, de acuerdo con las recomendaciones de la ONU, un consumo mínimo de 70 litros por persona y día, véase SCEA (1999).*

(22) *Se asume que el consumo público o colectivo forma parte del consumo del agente representativo.*

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

TABLAS INPUT-OUTPUT DE BALEARES 1997, MODIFICADAS CON DESAGREGACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA (MILLONES DE EUROS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Cereales	Cereales secano	Cereales regadío	Legumb	Legumb. secano	Legumb. regadío	Tubérc.	Forrajes	Forrajes secano	Forrajes regadío	Huerta	Hortaliz. secano	Hortaliz. regadío	Citricos	Frutales	Frutales secano	Frutales regadío	
CEREALES	1																	
Cereales secano	2																	
Cereales regadío	3																	
LEGUMBRES	4																	
Legumb. secano	5																	
Legumb. regadío	6																	
TUBÉRCULOS	7						2,66											
FORRAJES	8																	
Forrajes secano	9																	
Forrajes regadío	10																	
HUERTA	11											0,45	2,61					
Hortaliza secano	12																	
Hortaliza regadío	13																	
CITRICOS	14													0,21				
FRUTALES	15																	
Frutales secano	16																	
Frutales regadío	17																	
CULT. INDUSTRIAL.	18																	
Industriales secano	19																	
Industriales regadío	20																	
FLORES	21																	
OTROS	22																	
GYP	23						0,25					0,01	0,45	0,01				

Cuadro 3 (Continuación)

TABLAS INPUT-OUTPUT DE BALEARES 1997, MODIFICADAS CON DESAGREGACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA (MILLONES DE EUROS)

	Cereales		Cereales secano		Cereales regadío		Legumb. secano		Legumb. regadío		Tubérc.		Forrajes secano		Forrajes regadío		Huerta		Hortaliz. secano		Hortaliz. regadío		Cítricos		Frutales secano		Frutales regadío		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
ENERGÍA	24		0,17	0,45	0,04	0,00	1,54		0,27	2,06		0,04	3,28	1,40															
PROD. AGUA	25												1,66																
INDUSTRIA	26		0,34	0,14	0,08	0,01	0,63		0,35	0,30		0,06	5,26	0,70															
CONSTRUCC.	27												1,76																
TURISMO	28						0,04						0,01	0,15															
SERVICIOS	29		0,21	0,07	0,06	0,00	1,18		0,22	0,23		0,29	12,99	0,60															
INPUTS-INTERM.	30		0,73	0,66	0,18	0,01	6,30	0,00	0,84	2,59	0,00	0,86	28,14	2,93	0,00														
L	31		1,98	0,33	0,23	0,00	2,00		0,84	0,36		0,07	9,67	3,14															
T	32		0,37	0,07	0,06	0,00	1,47		0,75	0,69		0,15	5,60	2,04															
K	33		0,93	0,36	0,18	0,01	5,04		1,95	3,23		0,07	37,85	8,30															
VABcf	34	4,04	3,28	0,75	0,48	0,01	8,50	7,81	3,54	4,27	53,41	0,28	53,13	13,48	28,31														
IMP. IND.	35	0,15	0,14	0,01	0,01	0,00	0,01	0,14	0,12	0,02	0,03	0,00	0,03	0,01	0,32														
SUBV.	36	2,16	1,72	0,44	0,18	0,01	0,00	2,21	0,83	1,38	0,09	0,03	0,06	0,01	6,78														
VABpm	37	2,03	1,71	0,32	0,30	0,00	8,51	5,73	2,83	2,91	53,35	0,25	53,10	13,48	21,85														
VALOR PROD.	38	3,42	2,43	0,99	0,50	0,48	14,81	9,17	3,67	5,50	82,35	1,11	81,24	16,40	29,42														
IMPORTACIONES	39	38,62			6,75		14,17	7,06			67,78																		
IVA	40	0,88			0,15		0,61	0,34			3,20																		
RECURSOS DISP.	41	42,92			7,40		29,60	16,57			153,22																		

TABLAS INPUT-OUTPUT DE BALEARES 1997, MODIFICADAS CON DESAGREGACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA (MILLONES DE EUROS)

	18	19	Indust. secano	Indust. regadío	Flores	Otros	Ganad. y pesca	Energía	Prod. agua	Indust.	Constr.	Turismo	Servicio	Outputs intermed.	Exp.	Inversión	Consumo	Demanda final	Utilizac. recursos
	18	19	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
CEREALES							1,25			36,08		1,82	0,65	39,8	0,19	0,37	2,56	3,12	42,92
Cereales secano																			
Cereales regadío										0,12		0,72	0,51	1,36			6,04	6,04	7,4
LEGUMBRES																			
Legumb. secano																			
Legumb. regadío																			
TUBÉRCULOS										1,28		3,17	0,11	7,21	12,61	0,5	9,27	22,39	29,6
FORRAJES							16,57							16,57					16,57
Forrajes secano																			
Forrajes regadío																			
HUERTA																			
Hortaliza secano																			
Hortaliza regadío																			
CÍTRICOS										6,31		7,03	0,47	14,02	13,54	0,1	23,96	37,6	51,62
FRUTALES										11,39		14,42	0,47	26,28	16,2	0,37	36,04	52,62	78,9
Frutales secano																			
Frutales regadío																			
CULT. INDUSTRIAL										0,44				0,44					0,44
Industriales secano																			
Industriales regadío											0,16	0,21	0,17	0,55			0,03	0,03	0,58
FLORES										1,68		0,1	0,08	1,85	0,26	0,16	0,86	1,28	3,13
OTROS							0,06			133,73		58,97	1,15	194,64	9,07	1,06	86,77	96,9	291,54
GYP				0	0														

Cuadro 3 (Continuación)

TABLAS INPUT-OUTPUT DE BALEARES 1997, MODIFICADAS CON DESAGREGACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA (MILLONES DE EUROS)

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	Cultivos Industr.	Indust. secano	Indust. regadío	Flores	Otros	Ganad. y pesca	Energía	Prod. agua	Indust.	Constr.	Turismo	Servicios	Outputs intermed.	Exp.	Inve- ción	Const- mo	Demanda final	Utilizac. recursos
ENERGÍA		0	0,1	0,05	0,05	12,85	96,39	6,28	41,27	18,64	137,68	322,53	646,68		4,38	343,02	347,4	994,08
PROD. AGUA						0,21	0,1	0,5	2,01	0,07	32,22	13,26	50,02		2,56	37,44	40	90,02
INDUSTRIA		0	0,05	0,08	0,2	42,19	1,69	1,08	611,14	493,12	588,9	365,11	2115,33	971,98	41,58	2.297,29	3.710,76	5.826,09
CONSTRUCC.				0,02		0,59	0,88	0,25	9,86	1,65	116,11	207,17	338,29		1944,23	164	2.108,23	2.446,52
TURISMO						0,29	0,4	0,28	6,74	6,73	71,24	64,92	150,8	4556,35		864,74	5.423,09	5.573,9
SERVICIOS		0	0,03	0,02	0,05	14,15	25,43	13,72	252,33	555,41	690,52	1.757,05	3326,64	961,27	301,14	4.977,83	6.260,24	9.586,87
INPUTS-INTERM.	0	0	0,18	0,17	0,3	88,16	124,89	22,11	1.122,03	1.075,76	1.752,43	2.734,46	6971,33	6596,39	2.696,76	8.929,01	18.222,16	25.193,5
L		0	0,07	0,09	1,16	39,66	86,87	41,46	367,76	620,85	1376,03	3.253,68	5.813,1					
T		0	0,01	0,11	0,63								14,94					
K		0	0,18	0,04	1,31	53,84	90,87	35,32	290,52	650,5	2.062,82	3.030,06	6.291,81					
VABcf	0,26	0	0,26	0,23	3,1	93,49	177,73	76,78	658,28	1.271,35	34.388,85	6.283,74	12.119,86					
IMP. IND.	0	0	0	0	0,11	0,66	0,92	1	6,94	7,42	19,22	62,21	99,15					
SUBV.	0,18	0	0,18	0	1,6	10,74	4,04	16,8	6,8	0,46	16,49	289,65	356,2					
VABpm	0,08	0	0,08	0,24	1,61	83,42	174,6	60,98	658,42	1.276,32	3.441,58	6.056,29	11.860,80					
VALOR PROD.	0,26	0	0,25	0,41	1,92	171,58	299,5	83,09	1.780,45	2.354,1	5.194,01	8.790,76	18.832,14					
IMPORTACIONES	0,17			0,16	1,15	113,29	685,43		3.961,59		110,72	175,62	5.264,54					
IVA	0,01			0,01	0,06	6,66	9,15	6,93	84,05	92,42	289,16	620,5	1.096,82					
RECURSOS DISP.	0,44			0,58	3,13	291,54	994,08	90,02	5.826,09	2.446,52	5.573,9	9.586,87	25.193,5					

Cuadro 4

SUPERFICIE Y CONSUMO DE AGUA POR CULTIVOS EN 1997

	Superficie (ha)	%	Consumo bruto (hm ³)
Cereales grano	2.240	10,29	7,623
Legumbres grano	28	0,13	0,064
Tubérculos	2.930	13,45	25,972
Flor	211	0,97	0,904
Forrajes	4.029	18,51	34,69
Huerta	6.308	28,98	51,959
Industriales	268	1,23	1,651
Cítricos	3.224	14,81	23,587
Frutales	2.531	11,63	16,867
Total	21.796	100	163,317

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

En algunos casos, las elasticidades de sustitución y de transformación (véase cuadro 5) han sido obtenidas de estudios previos. En otros casos, y dado que nuestro modelo incorpora nuevas especificaciones funcionales y desarrollos no tratados, ha sido necesario asumir ciertos valores. En cualquier caso, se ha realizado un análisis de sensibilidad para estimar la robustez de nuestras estimaciones. El resto de parámetros han sido obtenidos mediante la calibración del modelo teórico con la matriz de contabilidad social.

Como podemos observar en el cuadro 5, hemos asumido distintos valores en la elasticidad de sustitución entre el agua extraída de los acuíferos y el agregado capital-tierra, de forma que el coste marginal de la reducción en la dotación difiera según el tipo de cultivo considerado, creando el marco adecuado para una reasignación más eficiente del agua entre los cultivos a través del mercado.

Hemos considerado que la capacidad de ajuste ante una disminución en la dotación depende de la técnica de riego predominante en cada cultivo. Aquellos cultivos que aplican el riego por gravedad o por aspersión presentan una mayor capacidad de ajuste ante una escasez del recurso, puesto que es posible reducir su demanda de agua mediante la aplicación del riego localizado. Por el contrario, la posibilidad de reducir la demanda de agua en aquellos cultivos que aplican el riego localizado es menor, al no disponer tecnologías sustitutivas más ahorradoras. A partir de la información disponible en las encuestas sobre consumo de agua para regadíos en Baleares (Junta d'Aigües de Balears, 1994), hemos realizado una aproxima-

Cuadro 5

PARÁMETROS DEL MEGA PARA BALEARES

Sectores de secano	
<i>Elasticidad de sustitución entre:</i>	<i>Valores</i>
Capital y tierra (a)	$\sigma_{c_sec}^{kt} = 0,3 \forall c_sec$
Trabajo y el agregado <i>KT</i> (a)	$\sigma_{c_sec}^{va} = 0,7 \forall c_sec$
Sectores de regadío	
<i>Elasticidad de sustitución entre:</i>	<i>Valores</i>
Capital y tierra (a)	$\sigma_{c_reg}^{kt} = 0,3 \forall c_reg$
Trabajo y el agregado <i>KTAE</i> (a)	$\sigma_{c_reg}^{va} = 0,7 \forall c_reg$
Agregado <i>KT</i> y el agregado <i>AE</i>	$\sigma_{c_reg}^{ka} = 0,3$ si $c_reg = \text{cereales, legumbres, forrajes, tubérculos, cultivos industriales}$ $\sigma_{c_reg}^{ka} = 0,2$ si $c_reg = \text{frutales, cítricos}$ $\sigma_{c_reg}^{ka} = 0,1$ si $c_reg = \text{hortalizas, flores}$
<i>Elasticidad de sustitución entre:</i>	<i>Valores</i>
Producción de secano y regadío	$\sigma_c = 1 \forall c_1$
Capital y agua potable en resto de sectores	$\sigma_s^{kap} = 0,3$
Bienes importados y producción doméstica (b)	$\sigma_g^{ar} = 4$
Elasticidad precio de la demanda de exportaciones de turismo (c)	$\epsilon = -2$
Elasticidad de transformación en la producción (d)	$\Omega_c = \Omega_s = 2$

(a) Boyd y Newman (1991) y Seung *et al.* (1998).

(b) Rutherford y Paltsev (1999) y Goodman (2000).

(c) Blake (2000).

(d) Se supone la misma elasticidad de transformación para todos los sectores, estimada como el valor medio de las distintas elasticidades consideradas por Seung *et al.* (1998).

ción de la tecnología de riego predominante en cada cultivo. Así, para los cereales, las leguminosas, los forrajes, los cultivos industriales y los tubérculos, que aplican mayoritariamente el riego por gravedad o por aspersión, hemos supuesto una elasticidad de sustitución de 0,3. Por el contrario, el creciente cultivo de hortalizas y flores en invernaderos y su irrigación mediante goteo nos lleva a asumir una elasticidad de 0,1. Finalmente, para el riego de los frutales y los cítricos, donde no se aplica, de forma destacada, ninguna tecnología concreta, suponemos una elasticidad de 0,2.

5. CALIBRACIÓN DEL MODELO

El modelo ha sido calibrado mediante el MPSGE (*Mathematical Programming System for General Equilibrium*), módulo del lenguaje de programación GAMS (24) (*General Algebraic Modelling System*).

(24) GAMS (2001).

A excepción del agua, hemos seguido la tradicional Convención de Harberger que consiste en establecer los precios igual a uno en el escenario base de referencia (con la salvedad obvia causada por la existencia de impuestos indirectos). En el caso del agua potable, ha sido necesario calibrar un precio de referencia del agua potable (que será distinto a uno) que posibilite que los coeficientes Leontief (que relacionan agua potable y agua utilizada) sean unitarios.

Por otra parte, la inexistencia de un mercado de agua en alta para uso agrícola implica un precio de referencia igual a cero en el escenario base. En este caso, la única forma de calibrar una función de producción CES es que el input (agua subterránea) se combine en proporciones fijas con otro input comercializable (en nuestro caso energía). Finalmente, se ha fijado el precio del trabajo como numérico (25).

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

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. En este escenario, la dotación de agua para uso agrícola es específica para cada cultivo o sector de regadío, reflejando una situación donde no se producen intercambios de agua (SM). Permitiendo que la dotación de agua para uso agrícola deje de ser sector-específica, podemos simular el funcionamiento de un mercado de agua (CM) donde son posibles las transferencias entre los sectores agrícolas. Para mostrar las diferencias entre ambas situaciones (con y sin mercado) se han simulado once niveles de reducción de la dotación disponible para cada sector de regadío, representativos de once posibles grados de severidad de la sequía, mediante una disminución secuencial del 5 por ciento de la dotación inicial de agua para cada cultivo (26). De acuerdo con Tirado (2003), el año base, 1997, puede considerarse casi un año pluviométrico normal, con unos recursos disponibles de, aproximadamente, el 95 por ciento.

Los resultados obtenidos muestran, en primer lugar, las posibilidades de una reasignación del agua entre los diferentes cultivos más eficientes. Una disminución en los recursos disponibles para cada sector agrícola, que en el escenario base permitía satisfacer las necesida-

(25) El modelo y los datos están disponibles mediante petición a sus autores.

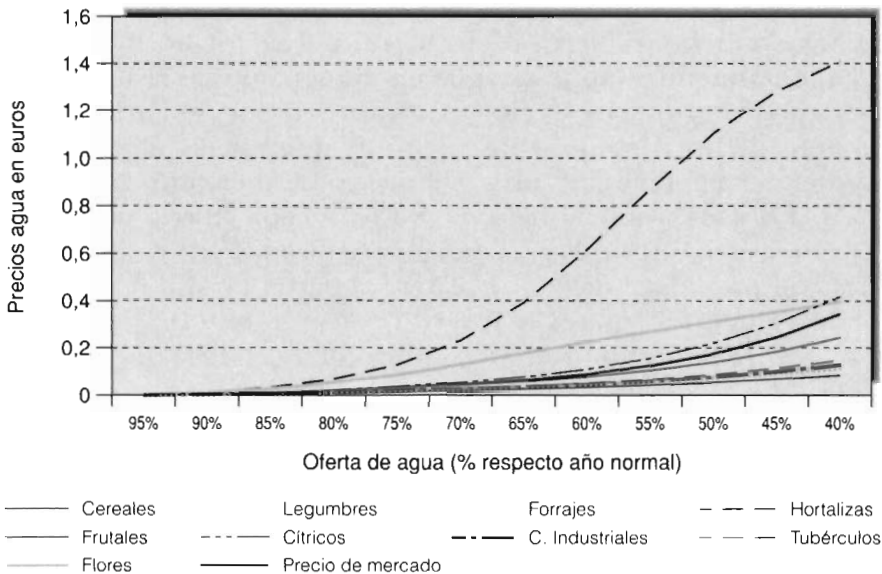
(26) Al igual que en el modelo de Arriaza et al. (2002) el mercado sólo se desarrollará cuando se produzca una reducción en la dotación disponible de agua consecuencia de las sequías cíclicas que caracterizan la zona.

dades de cada cultivo, incrementa su escasez. De este modo, para cada cultivo, el precio sombra del agua aumenta con la sequía, tal y como demuestran también Calatrava y Garrido (2001). Si las dotaciones son específicas para cada cultivo, es decir, en un escenario donde no existen intercambios de agua (SM), el precio sombra del agua puede responder de forma distinta de acuerdo con el uso (o cultivo) al que se destina el recurso. El grado de respuesta dependerá de las posibilidades de sustitución del agua ante una reducción en la dotación y de la productividad marginal del agua para cada cultivo. Si se producen divergencias entre los distintos precios sombra del agua, existirán los incentivos suficientes para llevar a cabo intercambios beneficiosos de agua entre los distintos cultivos.

En el gráfico 1 se muestra el valor que toma el precio sombra del agua para los distintos cultivos ante los diferentes escenarios de sequía planteados. Las divergencias obtenidas muestran, claramente, las posibilidades de intercambios beneficiosos. Concretamente, el valor del agua asignada al cultivo de hortalizas es significativamente superior al del agua destinada al resto de cultivos para cada simulación de sequía, mostrando las posibilidades de una reasignación del agua desde los demás cultivos hacia éste. Este resultado resulta cohe-

Gráfico 1

Precios sombra del agua en alta para los distintos cultivos y precio de mercado del agua para uso agrícola



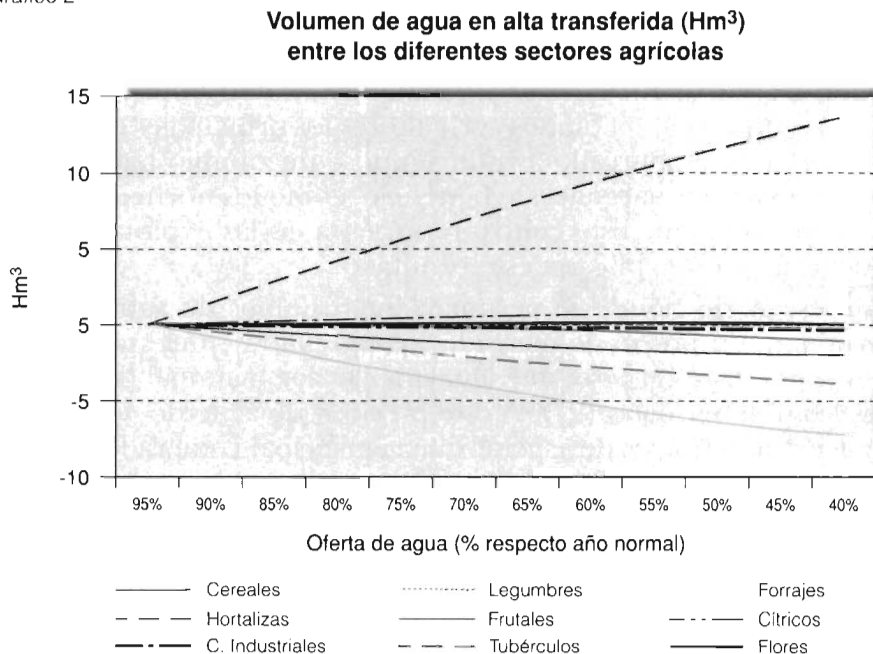
rente con las peculiaridades de la agricultura balear caracterizada por el reducido tamaño de sus explotaciones. De forma similar, Arriaza *et al.* (2002) demuestran, mediante un análisis multicriterio aplicado a la CCR del bajo Guadalquivir, como ante una sequía serán los pequeños/medianos agricultores los principales compradores de agua en el mercado, produciéndose un cambio hacia los cultivos con mayores márgenes de beneficio, como los hortícolas. El elevado porcentaje que este cultivo representa en las explotaciones de pequeño tamaño explicaría este resultado.

En un escenario donde se permitan intercambios de agua (*CM*), se determinará un precio de mercado, representado en el gráfico 1 por una línea de trazo grueso, que igualará el valor marginal del agua en todos los usos agrícolas (27). A este precio, y de acuerdo con la argumentación anterior, es de esperar que el principal comprador de agua sea el sector hortícola. 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 (véase gráfico 1). El resto de cultivos 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 2 se ilustra la cantidad de agua intercambiada (eje vertical) entre los distintos sectores de regadío para cada nivel de sequía 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 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 marginal del agua en tales usos y el precio de mercado. Las diferencias en la dotación inicial del recurso para cada cultivo conducen a que sean las compras relativas de agua realizadas por cada cultivo, y no las compras absolutas, las que respondan a las diferencias en el valor marginal del agua. De acuerdo con este criterio, las mayores compras se realizan por parte del cultivo de hortalizas, de flores y de cítricos, en este orden.

(27) El precio de mercado obtenido es superior al de otros trabajos existentes, como el de Calatrava y Garrido (2001) y Martínez y Gómez-Limón (2004), donde se simulan diversos escenarios de reducción de la dotación. Pensamos que, en buena medida, tales diferencias se deben al origen del agua empleada por la agricultura, que en nuestro trabajo utiliza aguas subterráneas frente a las aguas superficiales de dichos estudios.

Gráfico 2



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. No obstante, y al igual que ocurría en el caso de las compras, son las ventas relativas las que obedecen a las diferencias en el valor marginal del agua. De acuerdo con éstas, el sector productor de cereales es el principal vendedor, puesto que es el cultivo donde el agua alcanza su menor valor. Le siguen los forrajes, los cultivos industriales, las leguminosas, los tubérculos y los frutales, en este orden.

En el cuadro 6, se muestran los recursos disponibles y utilizados por cada cultivo en un escenario sin mercado (*SM*), el volumen intercambiado por cada cultivo en términos absolutos y relativos, así como la cantidad total intercambiada para cada nivel de sequía simulado. Por lo que se refiere a esta última, señalar que aunque el volumen intercambiado aumenta con la sequía, lo hace de forma decreciente, debido al incremento exponencial en el precio de mercado del agua.

Cuadro 6

DOTACIÓN DISPONIBLE POR CULTIVOS (hm³), TRANSFERENCIAS ABSOLUTAS (hm³)
Y RELATIVAS (%) POR CULTIVOS Y CANTIDAD TOTAL INTERCAMBIADA (hm³)

	Oferta de agua (% respecto a un año pluviométrico normal) SB											
	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%
Cereales												
Rec. disponibles	7,62	7,24	6,86	6,48	6,10	5,72	5,34	4,95	4,57	4,19	3,81	3,43
Transf. absolutas	0,00	-0,25	-0,50	-0,75	-0,98	-1,20	-1,41	-1,60	-1,76	-1,88	-1,95	-1,97
Transf. relativas %	0,00	-3,51	-7,34	-11,52	-16,08	-21,05	-26,44	-32,24	-38,40	-44,80	-51,27	-57,51
Forrajes												
Rec. disponibles	34,69	32,96	31,22	29,49	27,75	26,02	24,28	22,55	20,81	19,08	17,35	15,61
Transf. absolutas	0,00	-0,83	-1,63	-2,41	-3,16	-3,88	-4,58	-5,24	-5,85	-6,40	-6,87	-7,20
Transf. relativas %	0,00	-2,51	-5,22	-8,17	-11,39	-14,93	-18,85	-23,22	-28,10	-33,56	-39,60	-46,11
C. industriales												
Rec. disponibles	1,65	1,57	1,49	1,40	1,32	1,24	1,16	1,07	0,99	0,91	0,83	0,74
Transf. absolutas	0,00	-0,03	-0,07	-0,10	-0,13	-0,16	-0,18	-0,21	-0,24	-0,26	-0,29	-0,32
Transf. relativas %	0,00	-2,17	-4,49	-6,98	-9,69	-12,65	-15,93	-19,63	-23,89	-28,94	-35,07	-42,70
Legumbres												
Rec. disponibles	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Transf. absolutas	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Transf. relativas %	0,00	-2,31	-4,77	-7,41	-10,23	-13,26	-16,52	-20,01	-23,73	-26,66	-31,71	-35,72
Tubérculos												
Rec. disponibles	25,97	24,67	23,37	22,08	20,78	19,48	18,18	16,88	15,58	14,28	12,99	11,69
Transf. absolutas	0,00	-0,48	-0,93	-1,36	-1,75	-2,12	-2,46	-2,77	-3,06	-3,33	-3,60	-3,88
Transf. relativas %	0,00	-1,94	-3,98	-6,14	-8,43	-10,88	-13,52	-16,41	-19,62	-23,30	-27,70	-33,23
Frutales												
Rec. disponibles	16,87	16,02	15,18	14,34	13,49	12,65	11,81	10,96	10,12	9,28	8,43	7,59
Transf. absolutas	0,00	0,00	-0,01	-0,04	-0,09	-0,16	-0,26	-0,39	-0,54	-0,71	-0,90	-1,08
Transf. relativas %	0,00	0,02	-0,06	-0,28	-0,67	-1,30	-2,23	-3,53	-5,32	-7,67	-10,65	-14,20
Hortalizas												
Rec. disponibles	51,96	49,36	46,76	44,17	41,57	38,97	36,37	33,77	31,18	28,58	25,98	23,38
Transf. absolutas	0,00	1,44	2,86	4,24	5,58	6,89	8,16	9,38	10,55	11,67	12,71	13,66
Transf. relativas %	0,00	2,93	6,11	9,59	13,43	17,68	22,42	27,77	33,84	40,82	48,92	58,44
Flores												
Rec. disponibles	0,90	0,86	0,81	0,77	0,72	0,68	0,63	0,59	0,54	0,50	0,45	0,41
Transf. absolutas	0,00	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,11	0,05
Transf. relativas %	0,00	2,74	5,66	8,77	12,08	15,56	19,16	22,71	25,84	27,60	25,42	13,48
Cítricos												
Rec. disponibles	23,59	22,41	21,23	20,05	18,87	17,69	16,51	15,33	14,15	12,97	11,79	10,61
Transf. absolutas	0,00	0,12	0,24	0,35	0,45	0,54	0,63	0,70	0,76	0,79	0,79	0,74
Transf. relativas %	0,00	0,55	1,13	1,73	2,38	3,06	3,79	4,56	5,34	6,10	6,72	6,97
Transferencias totales												
	0,00	1,59	3,14	4,65	6,12	7,54	8,90	10,21	11,45	12,59	13,62	14,46

En segundo lugar, los resultados obtenidos demuestran como una disminución en la dotación disponible de agua, como cabe esperar, provoca una disminución en la producción obtenida por todos los sectores de regadío en los dos escenarios de asignación del agua (28) (véase cuadro 7). En aquellos sectores donde el cultivo puede producirse en seco, se producirá una reasignación de los factores específicos (capital y tierra) hacia el sector correspondiente de seco, aumentando así su producción. En un escenario con mercado y para aquellos cultivos que venden agua, estas variaciones serán mayores. Por el contrario, para aquellos cultivos compradores, las variaciones en la producción, tanto en el sector de regadío como en el de seco, serán menores.

En tercer lugar, y de acuerdo con Garrido (2000) y Martínez y Gómez-Limón (2004), 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, tal y como demuestran también Martínez y Gómez-Limón (2004), los efectos de ésta se ven aminorados. Como podemos observar en el cuadro 8, 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 por ciento de las transferencias totales, podrían explicar dichos efectos. Así, por ejemplo, para el mayor nivel de sequía simulado, si se producen transferencias de agua, la disminución en el empleo y en el VAB agrícola es un 6 por ciento y un 9 por ciento menor, respectivamente (29).

Por consiguiente, podemos concluir que, ante las variaciones interanuales en la dotación de agua del agro balear, un mercado de agua

(28) Los efectos sobre la producción de los sectores no agrícolas serán insignificantes. Así, por ejemplo, si no existen transferencias entre los agricultores, y para el escenario de máximo nivel de reducción de la dotación, las máximas variaciones en el output sobre el nivel del SB se corresponden a la ganadería, con una disminución del 0,18 por ciento, a la industria, con un aumento del 0,23 por ciento, y al turismo, con un aumento del 0,11 por ciento. Si existen transferencias entre los agricultores estas variaciones serán de -0,6 por ciento para la ganadería, de +0,06 por ciento para la industria y de +0,05 por ciento para el turismo.

(29) Aunque no se puede comparar adecuadamente debido a las diferentes variables empleadas, los resultados obtenidos por Martínez y Gómez-Limón (2004) respecto al funcionamiento del mercado son más optimistas. Así, el mercado de agua permite que la disminución en el empleo sea entre un 20 y un 45 por ciento menor, mientras que en el margen bruto de beneficio sea entre un 12 y el 20 por ciento menor, dependiendo del nivel de sequía.

VARIACIÓN DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE LOS SECTORES AGRÍCOLAS ANTE DIVERSOS ESCENARIOS DE REDUCCIÓN DE LA DOTACIÓN Y DE ASIGNACIÓN DEL AGUA (% VARIACIÓN RESPECTO AL NIVEL DEL ESCENARIO BASE, SB)

		Oferta de agua (% respecto a un año pluviométrico normal) SB														
		95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%			
E S C e n a r i o	Cereales	0	-1,33	-2,80	-4,44	-6,26	-8,29	-10,56	-13,10	-15,93	-19,10	-22,66	-26,66			
	C. Industriales	0	-0,61	-1,32	-2,16	-3,14	-4,30	-5,68	-7,34	-9,34	-11,76	-14,70	-18,30			
	Forrages	0	-1,02	-2,18	-3,50	-5,03	-6,79	-8,81	-11,16	-13,88	-17,03	-20,68	-24,91			
	Legumbres	0	-0,89	-1,91	-3,07	-4,41	-5,95	-7,73	-9,80	-12,19	-14,97	-18,21	-21,99			
	Frutales	0	-0,83	-1,84	-3,06	-4,54	-6,32	-8,46	-11,01	-14,01	-17,54	-21,62	-26,31			
	Hortalizas	0	-0,13	-0,35	-0,72	-1,36	-2,45	-4,26	-7,14	-11,30	-16,73	-23,13	-30,13			
	Tubérculos	0	-0,36	-0,79	-1,29	-1,89	-2,61	-3,49	-4,56	-5,90	-7,56	-9,67	-12,37			
	Citricos	0	-0,22	-0,51	-0,88	-1,36	-2,01	-2,87	-4,05	-5,65	-7,66	-10,17	-14,94			
	Flores	0	-0,41	-1,07	-2,08	-3,60	-5,79	-8,73	-12,44	-16,81	-21,73	-27,09	-32,83			
			0	-0,02	-0,04	-0,06	-0,10	-0,15	-0,21	-0,29	-0,38	-0,51	-0,69	-0,94		
S e c a n o	Cereales	0	0,39	0,85	1,38	2,01	2,75	3,64	4,70	5,97	7,50	9,32	11,47			
	C. Industriales	0	0,41	0,88	1,43	2,06	2,80	3,66	4,66	5,84	7,23	8,86	10,78			
	Forrages	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04			
	Legumbres	0	0,11	0,24	0,40	0,59	0,82	1,09	1,41	1,79	2,22	2,72	3,26			
	Frutales	0	0,14	0,36	0,72	1,30	2,21	3,46	4,78	5,35	4,09	0,37	5,54			
	Hortalizas	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07			
	Otros	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07			
			0	-2,29	-5,00	-8,21	-12,00	-16,45	-21,63	-27,57	-34,27	-41,62	-49,39	-57,23		
	Cereales	0	-0,89	-1,99	-3,34	-5,04	-7,17	-9,88	-13,35	-17,83	-23,65	-31,23	-40,96			
	C. Industriales	0	-1,55	-3,42	-5,68	-8,43	-11,78	-15,85	-20,77	-26,66	-33,61	-41,57	-50,30			
Forrages	0	-1,32	-2,90	-4,79	-7,06	-9,78	-13,02	-16,87	-21,39	-26,60	-32,46	-38,84				
Legumbres	0	-0,83	-1,85	-3,13	-4,72	-6,71	-9,21	-12,33	-16,21	-20,96	-26,65	-33,24				
Frutales	0	-0,05	-0,12	-0,20	-0,31	-0,46	-0,66	-0,93	-1,31	-1,84	-2,59	-3,69				
Hortalizas	0	-0,51	-1,14	-1,92	-2,90	-4,15	-5,75	-7,84	-10,59	-14,26	-19,26	-26,20				
Tubérculos	0	-0,20	-0,44	-0,76	-1,16	-1,69	-2,38	-3,31	-4,57	-6,31	-8,75	-12,27				
Citricos	0	-0,17	-0,40	-0,71	-1,12	-1,69	-2,49	-3,68	-5,53	-8,61	-14,36	-25,93				
Flores	0	-0,03	-0,08	-0,16	-0,29	-0,48	-0,78	-1,22	-1,87	-2,80	-4,08	-5,79				
Cereales	0	0,57	1,27	2,1	3,21	4,55	6,23	8,34	10,98	14,18	17,80	21,12				
C. Industriales	0	0,53	1,39	2,33	3,49	4,91	6,68	8,85	11,50	14,69	18,36	22,33				
Forrages	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08				
Legumbres	0	0,11	0,24	0,40	0,61	0,86	1,18	1,57	2,04	2,61	3,26	3,97				
Frutales	0	0,05	0,12	0,21	0,32	0,47	0,66	0,92	1,27	1,74	2,35	3,14				
Hortalizas	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04				
Otros	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03				

agrícola producirá efectos regionales positivos sobre las comunidades agrícolas y un aumento en la eficiencia asignativa del recurso, que serán mayores cuanto menor la dotación disponible de agua (30). En el cuadro 8, se muestra una estimación de la variación equivalente Hicksiana del agente representativo como medida para capturar los efectos sobre el bienestar comentados. Aunque en un escenario con mercado se produce una disminución en el bienestar, consecuencia de la sequía, tal disminución es menor que la experimentada en un escenario sin mercado.

Cuadro 8

VARIACIÓN DEL VAB AGRÍCOLA, DEL EMPLEO AGRÍCOLA Y DEL BIENESTAR ANTE DIVERSOS ESCENARIOS DE REDUCCIÓN DE LA DOTACIÓN Y DE ASIGNACIÓN DEL AGUA (% VARIACIÓN RESPECTO AL NIVEL DEL ESCENARIO BASE, SB)

	Oferta de agua (% respecto a un año pluviométrico normal) SB											
	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

7. CONCLUSIONES

En este artículo hemos presentado un modelo CGE de la economía balear para analizar las ventajas de un mercado de derechos sobre agua para uso agrícola frente a la tradicional asignación administrativa del recurso. Hemos mostrado como una reasignación de los derechos sobre agua entre los distintos cultivos puede incrementar la eficiencia asignativa y en el uso del recurso en la agricultura. La implantación de un mercado de agua permite que ésta se destine a aquellos cultivos donde el agua alcanza su mayor valor, como son los cultivos hortícolas.

(30) A semejante resultado llegan Calatrava y Garrido (2001), quienes señalan que el beneficio regional medido como excedente económico o renta obtenida por los propietarios de las tierras es mayor para los escenarios de menor disponibilidad del recurso.

Por otra parte, hemos mostrado como un mercado de agua puede atenuar los efectos negativos que una situación transitoria de sequía puede provocar sobre las comunidades agrícolas. Aunque el mercado de agua no evita que el empleo y la renta agrícola disminuyan como consecuencia de una sequía, los efectos de ésta se ven atenuados. El motivo lo podemos encontrar en que las transferencias de agua se dirigen hacia cultivos más rentables y más intensivos en trabajo, tal y como demuestran otros estudios realizados en España, como el de Martínez y Gómez-Limón (2004), Arriaza *et al.* (2002) y Calatrava y Garrido (2001).

En nuestra opinión, los resultados obtenidos son de indudable interés si consideramos la actual situación de declive que atraviesa la agricultura balear y que puede agravarse como consecuencia de la futura reforma de la PAC, que vaticina una disminución de las ayudas a medio plazo. Consideramos que cualquier reforma de la política agrícola que persiga mejorar la competitividad de dicho sector debería ir acompañada con una política de precios del agua más acorde con su verdadero valor de escasez, con lo que, en este sentido, la implantación de un mercado de agua puede jugar un papel destacable. Así, nuestros resultados avalan los esfuerzos del actual gobierno mediante la aplicación de una serie de medidas como la creación de Centros de Intercambios de derechos sobre agua. De forma más general, creemos necesaria una reforma de la legislación para introducir una mayor seguridad y flexibilidad que favorezcan la negociación directa entre usuarios.

No obstante, los resultados obtenidos deben ser tomados con cautela por, al menos, dos razones. En primer lugar, los problemas de escasez y mala calidad de los datos sobre la estructura pormenorizada de la agricultura balear y su relación con el medio hídrico ha limitado el grado de desagregación del análisis. Ello ha impedido la diferenciación de las zonas agrícolas en función de su localización geográfica (31), tamaño de las explotaciones, composición de los cultivos, etc., que hubiera sido necesaria para una modelización más desagregada, como la desarrollada en los trabajos de Martínez y Gómez-Limón (2004), Arriaza *et al.* (2002), Calatrava y Garrido (2001) y Garrido (2000). En segundo lugar, al prescindir de los costes de transacción, nuestros resultados deben interpretarse como un máximo tanto de transacciones como de ganancias de bienestar, que en la realidad

(31) En el caso de Baleares, la escasez de CRRR haría imposible analizar, como resulta habitual en este tipo de estudios, un mercado de agua entre diferentes CRRR.

podrían ser menores a causa de las limitaciones, tanto físico-técnicas como institucionales, que existirían aun cuando se permitieran intercambios de agua. Naturalmente, estos costes dependerán en parte del diseño institucional específico que adopte el mercado de agua, algo que no se aborda en el presente trabajo (32).

A pesar de las consideraciones señaladas, el modelo que presentamos permite mostrar, en términos generales, la potencialidad de los modelos CGE en el análisis y valoración de diversas medidas de política hidráulica y sus posibilidades de aplicación en el proceso de implementación de la DMA.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, F. (1998): «Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales». Universidad de Zaragoza. *Actas del Primer Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas. El agua a debate desde la Universidad: Hacia una nueva cultura del agua*. Zaragoza, 14-18 de septiembre, 1998. 1ª edición.
- ARRIAZA, M.; GÓMEZ-LIMÓN, J. A. y UPTON, M. (2002): «Local water markets for irrigation in southern Spain: A multicriteria approach». *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 46:1: pp.21-43.
- ARROJO, P. y NAREDO, J. (1997): *La gestión del agua en España y California*. Bakeaz-Coagret.
- BERCK, P.; ROBINSON, S. y GOLDMAN, G. (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*: pp. 489-509, Kluwer Acad. Norwell, Mass.
- BLAKE, A. (2000): «The Economic Effects of Tourism in Spain», *TTRI discussion paper, 2000/2*. Tourism and Travel Research Institute, Nottingham University, UK.
- BOYD, R. y NEWMAN, D. H. (1991): «Tax reform and Land-Using Sectors in the U.S. Economy: A General Equilibrium Analysis». *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 73 (May 1991): pp. 398-409.
- CALATRAVA, J. y GARRIDO, A. (2001): «Análisis del efecto de los mercados de agua sobre el beneficio de las explotaciones, la contaminación por nitratos y el empleo eventual agrario». *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 1, 2: pp.149-169.
- DECALUWÉ, B.; PATRY, A. y SAVARD, L. (1999): «When Water is No Longer Heaven Sent: Comparative Pricing Analysis in an AGE Model». Working Paper 9908, CRÉFA 99-05. Département d'Économique, Université Laval, Quebec, Canadá.

(32) Garrido (1995 y 2000) demuestra cómo la cuantía de los costes de transacción influye en la participación y resultados del mercado.

- DIAO, X. y ROE, T. (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: pp. 141-165. Oxford Univ. Press, New York.
- DINAR, A. y LETEY, J. (1991): «Agricultural Water Marketing, Allocative Efficiency and Drainage Reduction». *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 20:pp. 210-223.
- DINAR, A. y LETEY, J. (1996): *Modeling Economic Management and Policy Issues of Water in Irrigated Agriculture*. Ed. Praeger. London.
- DIXON, P. B. (1990): «A General Equilibrium Approach to Public Utility Pricing: Determining Prices for a Water Authority». *Journal of Policy Modeling*, 12 (4): pp. 745-767.
- EASTER, K. W.; ROSEGRANT, M. W. y DINAR, A. (1998): «The Future of Water Markets: A Realistic Perspective». Easter, K. W., Rosegrant, M. W.; Dinar, A. (eds.). *Markets for Water. Potential and Performance*. A. Kluwer Academic Publishers.
- FISHER, A.; FULLERTON, D.; HATCH, N. y REINELT, P. (1995): «Alternatives for Managing Drought: A Comparative Cost Analysis». *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 29: pp. 304-320.
- GAMS (2001): GAMS Development Corp. GAMS Version 2.5, solver PATH. Washington D.C.
- GARRIDO, A. (1995): *La Economía del Agua: Análisis de la asignación de recursos mediante el establecimiento de mercados de derechos del agua en el Valle del Guadalquivir*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Dpto. de Economía y Ciencias Sociales Agrarias.
- GARRIDO, A. (1996): «¿Qué papel pueden jugar los mercados de agua?». En Embid (dir.). *Precios y mercados del agua*. Ed. Civitas: pp. 305-318. Madrid.
- GARRIDO, A. (2000): «A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector». *Annals of Operations Research*, 94: pp. 105-123.
- GÓMEZ, C. M., TIRADO, D. y REY-MAQUIEIRA, J. (2004): «Water exchanges versus Water Works: Insights from a Computable General Equilibrium Model for the Balearic Island». *Water Resources Research*, vol. 40, W10502: pp.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*, 25 (2): pp. 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 BOIB, 77 de junio de 2002.
- GOVERN DE LES ILLES BALEARS (2005): *Aplicación de la Directiva Marco para las políticas del agua en la demarcación de Baleares. Resumen ejecutivo de los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua*. Conselleria de Medi Ambient. Direcció General de Recursos Hidrics.

- HORRIDGE, J. M.; DIXON, P. B. y RIMMERN, M. T. (1993): «Water Pricing and Investment in Melbourne: General Equilibrium Analysis with Uncertain Streamflow». *Working Paper, IP-63*. December 1993. Centre of Policy Studies and The Impact Project, Monash University, Melbourne, Victoria, Australia.
- HOWE, CH. W.; LAZO, J. K. y WEBER, K. R. (1990): «The Economic Impacts of agriculture-to-Urban Water Transfers on the Area of Origin: A Case Study of the Arkansas River Valley in Colorado». *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 71: pp. 1.200-1.204.
- HOWE, CH. W.; SCHURMEIER, D. R. y SHAW, W. D. (1986): «Enfoques innovadores en la asignación del agua: El potencial de los mercados de agua». Aguilera, F. (dir.) *Economía del agua*. 1992. Secretaria General Técnica, MAPA, Madrid.
- HOWITT, R. E. (1994): «Empirical Analysis of Water Institutions: The 1991 California Water Market». *Resource and Energy Economics*, vol. 16: pp. 357-371.
- JUNTA D'AIGÜES DE BALEARS (1994): *Encuesta sobre consumo de agua para regadíos en Baleares*. D.G. de Règim Hidràulic. Conselleria de Medi Ambient, Ordenació del Territori i Litoral. Diciembre 1994.
- LEY DE AGUAS, modificada por la ley 46/1999. (2000). Ed. Civitas.
- MAPA (1999): *Red Contable Agraria Nacional. Metodología y resultados empresariales, 1997*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Madrid.
- MAPA (2001): *Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008*. Dirección General de Desarrollo Rural. Madrid.
- MARTÍNEZ, Y. y GÓMEZ-LIMÓN, J. A. (2004): «Simulación multicriterio de mercados de agua de regadío: el caso de la cuenca del Duero». *Revista de estudios Agrocociales y pesqueros*, 202: pp. 101-134.
- MEDRANO, H. (2001): «Noves eines per a la pagesia», *Gea. Quadern de la terra*, 7: pp. 22-26. Ed. «Sa Nostra», Caixa de Balears.
- MIMAM (1998): *Libro Blanco del Agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. Diciembre, 1998.
- NAREDO, J. (2001): «El agua en el ámbito de la sostenibilidad». «Sa Nostra», Caixa de Balears. *Qüestions de Balears 2015*, 1. *Actes del I Congrés Balears 2015: L'aigua. Perspectives de futur*. Palma, Illes Balears, 1-2 de febrero de 2001.
- NOVOA, J. M. (2001): «Desalación de agua»: pp. 139-152. Govern de les Illes Balears, Sa Nostra y SEAE. *V Jornadas Técnicas de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. El Agua y la Agricultura: Gestión ecológica de un recurso crítico*. Mallorca, septiembre de 2001.
- NUNN, S. E. y INGRAM, H. (1988): «La información, el foro de decisión y los efectos sobre terceros de las transacciones de agua». Aguilera, F. (dir.). *Economía del agua*. 1992. Secretaria General Técnica, MAPA, Madrid.
- PIGRAM, J. J. (1999): «Economic Instruments in the Management of Australia's Water Resources: A Critical View». *Water Resources Development*, vol. 15, 4: pp. 493-509.

- POSTEL, S. (1993): *El último oasis. Cómo afrontar la escasez de agua*. Ed. Apóstrofe.
- ROSEGRANT, M. W. y BINSWANGER, H. (1994): «Markets in Tradeable Water Rights: Potencial for Efficiency Gains in Developing Country Water Resource Allocation». *World Development*, vol. 22, 11: pp. 1613-1625.
- ROSEGRANT, M. W.; GAZMURI, R. y YADAV, S. N. (1995): «Water Policy for Efficient Agricultural Diversification: Market-based Approaches». *Food Policy*, vol. 20, 3: pp. 203-223.
- 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, 63. Environmental and Production Technology División. International Food Policy Research Institute, IFPRI. June 2000.
- RUTHERFORD, T. F. y PALTSEV, S. (1999): *From an Input-Output Table to a General Equilibrium Model: Assessing the Excess Burden of Indirect Taxes in Russia*. On-line <http://debreu.colorado.edu/papers/exburden.pdf>
- SALIBA, B. C. (1987): «¿Funcionan los mercados de agua?, Transacciones de mercado y conflictos en los estados del suroeste». Aguilera, F. (dir.). *Economía del agua*. 1992. Secretaria General Técnica, MAPA, Madrid.
- SCEA (1999): *L'aigua. Informació bàsica i recursos educatius*. Monografies d'educació ambiental, 2. Societat Catalana d'Educació Ambiental, SCEA, Societat Balear d'Educació Ambiental, SBEA. Ed. Di7.
- SEUNG, C. K.; HARRIS, T. R.; ENGLIN, J. E. y NOELWAH, R. N. (2000): «Impacts of Water Reallocation: A Combined Computable General Equilibrium and Recreation Demand Model Approach». *The Annals of Regional Science*, 34: pp. 473-487.
- SEUNG, C. K.; HARRIS, T. R.; McDIARMID, T. R. y SHAW, W. D. (1998): «Economic Impacts of Water reallocation: A CGE Analysis for the Walker River Basin of Nevada and California». *Journal of Regional Analysis and Policy*, 28 (2): pp. 13-34.
- SUMPSI, J.; GARRIDO, A.; BLANCO, M.; VARELA, C. e IGLESIAS, E. (1998): *Economía y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa.
- THABET, C.; MACGREGOR, B. y SURRY, Y. (1999): «Effects Macro-économiques de la Politique du Prix de l'Eau d'Irrigation en Tunisie». *Economie Rurale*, vol. 254, novembre-décembre 1999: pp. 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.
- VERGARA, A. (1996): «El mercado de aguas en el derecho chileno. Titularidades privadas y libertad de transacción». Embid (dir.). *Precios y mercados del agua*. Ed. Civitas: pp. 325-339. Madrid.
- WHITE, S. (2001): «Strategic Approaches to Efficient Resource Management». «Sa Nostra», Caixa de Balears. Qüestions de Balears 2015, 3. *Actes de les I Jornades Tècniques Balears 2015: La gestió de l'aigua*. Palma, Illes Balears, 11-13 de junio de 2001.

YOUNG, R. y HAVEMAN, R. (1985): «Economics of Water Resources: A survey». Kneese y Sweeney (Eds). *Handbook of Natural Resources y Energy Economics*. Elsevier, Nueva York: pp. 465-529.

RESUMEN

Un modelo de equilibrio general aplicado a Baleares: análisis económico de la reasignación intra-sectorial del agua para uso agrícola

En este artículo analizamos las ganancias potenciales en bienestar asociadas al establecimiento de un mercado de derechos sobre agua para uso agrícola. Frente a la tradicional asignación administrativa del recurso, los intercambios voluntarios de derechos entre los distintos sectores agrícolas confieren la flexibilidad necesaria para hacer frente a las sequías cíclicas que caracterizan el régimen hídrico de Baleares. Para simular el funcionamiento del mercado propuesto hemos construido un Modelo de Equilibrio General Computable (CGE) que intenta aproximarse a la estructura económica y a la problemática hidrológica de Baleares. Los resultados obtenidos muestran cómo una reasignación de los derechos sobre agua entre los distintos cultivos, puede, en primer lugar, aumentar la eficiencia asignativa y en el uso del recurso y, en segundo lugar, producir efectos regionales positivos en términos de empleo y renta agrícola. Con todo ello, pretendemos mostrar, además, las posibilidades de aplicación de los modelos de equilibrio general en el campo de la gestión hidráulica.

PALABRAS CLAVE: Mercado de agua, uso del agua en agricultura, sequía, eficiencia, modelo de equilibrio general.

SUMMARY

An applied general equilibrium model for the Balearic Islands: Economic analysis of the intrasectoral reallocation of agricultural water

We analyse the potential welfare gains of an agricultural water rights market. Compared to the traditional administrative allocation, the voluntary water exchanges between different agricultural sectors allow enough flexibility to cope with the cyclical draughts characteristic of the Balearic hydrological regime. To simulate the market an Applied General Equilibrium (CGE) model for the Balearic Islands is used. The simulations show that the reallocation of water rights between the different crops makes the use and allocation of the resource more efficient. Moreover, the regional effects in terms of agricultural income and employment are positive. In broad terms, this paper of illustration of the applicability of the general equilibrium models to the water management.

KEYWORDS: Water market, agricultural use of water, draught, efficiency, general equilibrium model.