

JAVIER IBAÑEZ PUERTA (*)

BEATRIZ RECIO AGUADO (**)

JOAQUÍN LOMBÁN GONZÁLEZ (*)

Un modelo econométrico de distribución de cultivos en regadío para el análisis del impacto de políticas de restricción de consumo hídrico

1. INTRODUCCIÓN

Una de las aproximaciones econométricas que tratan de reproducir el proceso de decisión de un agricultor acerca de «qué» y «cuánto» cultivar consiste en combinar jerárquicamente un conjunto de modelos de asignación (Bewley, 1986) encargados de distribuir entre cultivos una cierta superficie total disponible en base a los valores que tomen distintas variables explicativas, frecuentemente de tipo económico. Así, Burton (1992) o Ibañez (1995) han empleado este enfoque para estudiar el impacto sobre las superficies cultivables de distintas políticas agrarias ligadas a precios, ayudas, retirada de tierras, etc.

Este planteamiento debe ser revisado cuando se trate de modelizar la actividad agraria en zonas en las que se haya ido desarrollando paulatinamente una agricultura cada vez más intensiva, que haya conducido a la sobreexplotación de los recursos hídricos disponibles y que haya hecho necesaria la implantación de cuotas de consumo hídrico. En estas circunstancias, la disponibilidad de agua desplaza a la disponibilidad de superficie en el papel de principal restricción de la produc-

(*) Dpto. de Economía y CC. Sociales Agrarias. Universidad Politécnica de Madrid.

(**) Dpto. de Matemática Aplicada a la Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Madrid.

ción agrícola y, en consecuencia, más que decidir cómo distribuir entre cultivos una cierta superficie total, el agricultor se ve forzado a decidir cómo distribuir entre los mismos una cierta cantidad de agua disponible.

En España existen zonas del interior (Albacete, Ciudad Real, etc.), cuya agricultura intensiva se ha desarrollado gracias a la explotación de acuíferos, que han visto cómo se reducían de manera acelerada sus niveles piezométricos y en las que se han empezado a aplicar políticas de restricción a la extracción de agua (cuotas). Desafortunadamente estas medidas de política ambiental, que poseen gran incidencia económica y social sobre las regiones afectadas, están siendo aplicadas en ausencia de instrumentos adecuados que ayuden a evaluar sus posibles impactos.

En este artículo se presenta un modelo econométrico regional que permite estudiar la incidencia de cuotas de explotación hídrica sobre la distribución de los principales cultivos de regadío de la región. El modelo está compuesto por 11 ecuaciones econométricas, distribuidas en tres modelos de asignación, y sus variables exógenas son los precios e ingresos percibidos por el agricultor, las ayudas directas a la hectárea, la tasa de retirada obligatoria de tierras, el nivel piezométrico del acuífero, los rendimientos medios de los cultivos y el volumen total de agua disponible para el riego.

El artículo se divide en tres partes. En la primera se describe la especificación teórica del modelo. En la segunda se presenta un modelo empírico estimado sobre la base del modelo teórico descrito en la primera parte con datos correspondientes al acuífero 08.29 «Mancha-Oriental» de Albacete (uno de los mayores de España y que más ha sido sobreexplotado en los últimos años). En la tercera parte se describen dos escenarios de simulación del modelo orientados a estudiar el impacto de políticas de restricción del consumo de agua sobre la agricultura de la mencionada región y se muestran los resultados con ellos obtenidos.

2. EL MODELO TEÓRICO

2.1. Justificación Metodológica

Los modelos econométricos de asignación de superficies se construyen siguiendo la hipótesis de que el agricultor parte

de una cierta superficie total predeterminada que distribuye entre los distintos cultivos individuales en función de los valores que tomen distintas variables explicativas, frecuentemente los precios o ingresos, los costes de producción y la propia superficie total disponible. Estos modelos incluyen también distintos esquemas de ajuste dinámico.

El modelo de asignación de superficies se especifica como un sistema de ecuaciones simultáneas que se estima a partir de series de datos temporales. Generalmente la variable explicada en cada ecuación es la fracción de la superficie total a distribuir que corresponde a cada cultivo individual. El sistema debe asegurar que las fracciones estimadas sumen la unidad (restricción de aditividad) y que no tomen valores negativos (restricción de no negatividad). La superficie total es exógena al modelo, pudiéndose por tanto establecer sobre la misma diversos escenarios de simulación.

El modelo que se propone utiliza la misma lógica anterior pero para distribuir ahora un determinado volumen de agua entre los distintos cultivos considerados. En este caso el agricultor establece qué dotación de agua dedicar a cada cultivo de tal forma que la decisión de «qué» y «cuánto» cultivar se realiza atendiendo a la disponibilidad del recurso agua en lugar de a la disponibilidad del recurso suelo. El consumo total de agua se considera pues exógeno al modelo y, al igual que ocurría anteriormente con la superficie, se pueden establecer sobre el mismo diversos escenarios de simulación.

Aunque a primera vista pueda parecer que la asignación de superficies y la asignación de consumos de agua no responden a los mismos criterios, en la práctica se encuentran muy relacionados. Así, para cada cultivo «i» el consumo de agua « q_i » se relaciona con la superficie cultivada « s_i » a través de la expresión:

$$q_i = v_i * s_i$$

donde « v_i » es el consumo por unidad de superficie o las necesidades hídricas del cultivo. Para un agricultor, el valor de « v_i » se presenta como predeterminado puesto que depende de las características fisiológicas de la planta y de las edafológicas y climáticas de la zona. En consecuencia, aquellas varia-

bles que expliquen la decisión de redistribuir las superficies « s_i » explicarán también, en última instancia, la decisión de redistribuir los consumos « q_i ». No obstante, debido a que las necesidades hídricas no son las mismas para cada cultivo, cabe esperar que la disponibilidad de agua sea un factor más con influencia en las decisiones de asignación de superficies, especialmente en condiciones de escasez de agua para el riego.

El modelo de asignación de volúmenes de agua se define entonces como un sistema de ecuaciones simultáneas en el que la variable explicada de cada ecuación es la fracción de volumen consumida por cada cultivo y en el que las variables explicativas son las necesarias para explicar la distribución de las superficies cultivadas, variables entre las que debería figurar alguna asociada a la mayor o menor disponibilidad de agua. El sistema estimado asegurará las restricciones de aditividad y de no negatividad.

Si el ámbito de aplicación es regional, el modelo deberá reproducir las decisiones de asignación de volúmenes de agua a cultivos de un agricultor medio que tuviera a su disposición el volumen total de agua correspondiente a la región objeto de estudio. Si el número de cultivos a considerar es elevado, la asignación directa, en una única etapa, de ese volumen total de agua puede dar lugar a un problema de escasez de grados de libertad para la estimación del sistema de ecuaciones simultáneas. Para evitarlo, los modelos de asignación de carácter regional o nacional asumen frecuentemente la hipótesis de asignación jerárquica (ver, por ejemplo, Wolfgarten (1989); Burton (1992); Mathieu y Ramanantsoa (1993) o Lansink y Oskam (1993)). Esta hipótesis implica que el agricultor decide inicialmente cómo repartir el volumen total de agua entre grandes grupos de cultivos separables (por ejemplo, herbáceos y leñosos; o sujetos a medidas específicas de política agraria o no) para después decidir cómo repartir los volúmenes de esos grandes grupos en otros más pequeños hasta llegar así, por desagregaciones sucesivas, hasta el nivel de cultivos individuales. Cada nivel de desagregación conlleva la estimación de un sistema de ecuaciones simultáneas sujeta a las restricciones de aditividad y no negatividad, lo que asegura la consistencia del modelo completo.

2.2. Modelo Econométrico

Como forma funcional del modelo econométrico de asignación de volúmenes de agua se propone la extensión multinomial del modelo logit debida a Theil, ampliamente usada en modelos de asignación de superficies (Burton, Martin, 1986; Bewley *et al.*, 1987; Allanson, 1988; Burton, 1992; Ibáñez, 1995).

El modelo tiene la expresión general:

$$FR_i = \frac{\exp[g_i + \epsilon_i]}{\sum_j \exp[g_j + \epsilon_j]} \quad i, j = 1, \dots, n \quad [1]$$

donde:

FR_i = fracción del volumen correspondiente al cultivo i respecto al volumen total disponible.

g_i = función de variables explicativas con respecto a la cual las perturbaciones ϵ_i verifican las hipótesis previas que se asuman.

Independientemente de cómo sean g_i o sus estimaciones, cada una de las fracciones estimadas con la expresión (1) ha de ser necesariamente un número entre 0 y 1 y la suma de todas ellas ha de ser la unidad. Ello asegura la consistencia aditiva de los consumos estimados mediante los modelos de asignación y establece, en consecuencia, una relación de competencia por el volumen de agua entre los cultivos considerados en el modelo.

Si se linealiza el modelo empleando la media geométrica (FR^*) de fracciones (ver Bewley, 1986) y se considera que:

$$g_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \log X_j \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k$$

donde X_j son variables explicativas y α_i y β_{ij} parámetros desconocidos, se llega a la expresión:

$$\log\left(\frac{FR_i}{FR^*}\right) = A_i + \sum_j B_{ij} \log X_j + u_i \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k \quad (2)$$

que corresponde a la forma estática del modelo de asignación finalmente estimado.

2.3. Variables Explicativas

La especificación teórica presentada anteriormente no presupone las variables explicativas a utilizar, dependiendo su elección del modelo de asignación de que se trate. No obstante, como se ha justificado anteriormente, el modelo de asignación de volúmenes de agua emplearía la forma funcional (2) con las variables económicas que generalmente se suelen emplear en los modelos de asignación de superficies y que suelen ser los $n-1$ cocientes retardados entre los precios o ingresos de $n-1$ de los cultivos o grupos que se desagregan y el precio o ingreso de uno de ellos que se toma como base (lo cual equivale a asumir homogeneidad de grado cero respecto a las citadas variables económicas).

Por otra parte, la estructura jerárquica del modelo aconseja considerar posibles efectos de escala en las asignaciones. Entendemos por efecto de escala la situación en que, *ceteris paribus*, una variación del volumen total de agua disponible para un grupo de cultivos favorece a ciertos cultivos del grupo frente al resto. Para contrastar este efecto es preciso incluir en la especificación de cada sistema de asignación parcial el volumen de agua disponible para la misma. Puede demostrarse (ver, por ejemplo, Ibáñez, 1995) que aceptar la hipótesis de ausencia de efecto de escala equivale a aceptar que los coeficientes que acompañan a dicha variable en cada ecuación del sistema son todos ellos cero (lo que equivale a excluir el volumen total disponible como variable explicativa).

Como ya se ha explicado, cabe esperar que, *ceteris paribus*, condiciones de poca disponibilidad de agua para riego desfavorezcan relativamente a los cultivos con mayores necesidades hídricas. Por tanto, el modelo de asignación de volúmenes de agua debería incluir alguna variable asociada a dicha disponibilidad hídrica. Como tal puede emplearse el precio del agua en un mercado establecido de cuotas de riego, el coste de extracción y aplicación del agua o cualquier variable fuertemente correlacionada con las anteriores. En este sentido, una variable muy interesante a considerar en regiones cuya fuente hídrica sea un acuífero subterráneo es la profundidad media a la que se encuentra el nivel freático. Dado que esta variable puede ser objeto de simulación o predicción en los modelos hidrogeológicos que reproducen el comportamiento de acuí-

feros subterráneos, será posible emplear los resultados con ellos obtenidos como escenarios de simulación del modelo econométrico, pudiéndose así extender los ejercicios de análisis de impactos desde el nivel meramente hidrológico hasta el nivel de la actividad agrícola y económica de la región.

Dada la difícil interpretación económica de las variables dependientes de (2), la incorporación de las mismas retardadas como variables explicativas no responde a modelos teóricos sino que se viene a realizar habitualmente de forma ad-hoc. Dos son los esquemas dinámicos que suelen ensayarse: i) el esquema no restringido, adoptado en semejanza al modelo generalizado de ajuste parcial (Hunt, Upcher, 1979), que incluye las n variables dependientes retardadas un período como variables explicativas en cada ecuación del sistema; y ii) el esquema dinámico restringido, adoptado en semejanza al modelo simple de ajuste parcial, que incluye únicamente la propia variable dependiente retardada de cada ecuación del sistema.

3. EL MODELO EMPÍRICO

3.1. El problema de sobreexplotación del acuífero 08.29 «Mancha Oriental»

El Sistema Hidrogeológico 08.29 Mancha Oriental se encuentra situado en el extremo oriental de la llanura manchega y ocupa una superficie de 8.500 km² (75 por ciento en la provincia de Albacete, 17 por ciento en la de Cuenca y 8 por ciento en Valencia), de las cuales, más de la mitad se encuentran en una extensa planicie con una altitud media de 700 m s.n.m. El clima es continental con una acusada variación estacional, oscilando la temperatura media anual entre 13 y 14,5 °C. La precipitación media es escasa 350 mm/año con un intervalo de oscilación muy amplio (entre 150 mm en los años secos y 750 mm en los húmedos). Bajo estas condiciones, la explotación de recursos hídricos subterráneos se convirtió en una alternativa sugerente para el desarrollo agroindustrial a partir de la década de los 70. La espectacular expansión del volumen de agua utilizado queda reflejada en las cifras que se indican en el cuadro 1.

Cuadro I

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE REGADA Y DEL VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO EN EL INTERVALO 1972-1990

Año	Superficie regada (ha)	Volumen de agua hm³/año
1972	12.277	78
1979	29.686	165
1987	62.836	387
1990	71.519	407

Fuente: Memoria del Proyecto CICYT «Diseño de un Sistema de Gestión Integral del Acuífero 08.29 Mancha Oriental como elemento de apoyo en la toma de decisiones sobre el aprovechamiento óptimo de los recursos». Julio 1996.

En la actualidad, el acuífero soporta más de 90.000 ha de modernos regadíos con un valor de la producción sin elaborar de 35.000 millones de ptas./año, que son claramente la base socioeconómica de la región.

La explotación intensiva del acuífero ha conducido a descensos de su nivel piezométrico del orden de 1,5 m/año en el período 1980-96 y de 1,8 m/año en el período de sequía de 1990-96 (Fernández 1996). Esta sobreexplotación ha conducido a la adopción de medidas urgentes tendentes a racionalizar la utilización de los recursos del acuífero, planteándose actualmente la aplicación de cuotas regionales de extracción.

3.2. Datos para la construcción del modelo

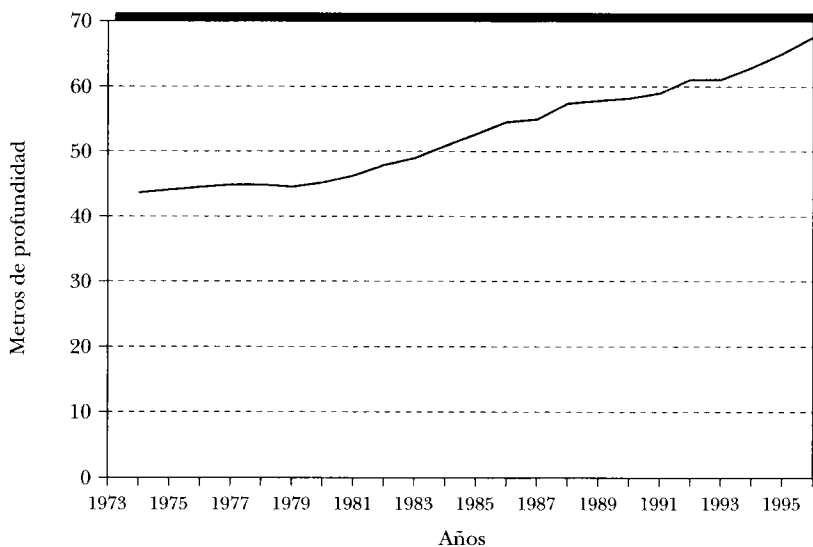
Los datos que se han empleado tienen carácter anual y se han obtenido para el período 1973-94. En lo relativo a datos de superficie se han recogido los correspondientes a la provincia de Albacete, que se ajustan bastante bien a la zona de explotación del acuífero (85 por ciento del regadío de la provincia de Albacete). Como precios se han utilizado los precios medios percibidos a nivel nacional. Superficies, precios y rendimientos agrícolas proceden del Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Los consumos de agua se han calculado a partir de las superficies y de las necesidades hídricas de los cultivos, proporcionadas éstas por el Instituto Tecnológico Agronómico Provincial (ITAP) de Albacete.

En los años 1993 y 1994, los precios de mercado de aquellos cereales, proteaginosas y oleaginosas contemplados por la reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC) de 1992 (cultivos COP) se han incrementado con las cantidades básicas (en pta/kg) establecidas en dicha reforma para el cálculo de ayudas compensatorias a la hectárea. Así mismo, los ingresos de los cultivos COP correspondientes a 1993 y 1994 incorporan las ayudas compensatorias a la hectárea establecidas en la reforma de la PAC.

La variable utilizada correspondiente a la disponibilidad de agua es la profundidad media del nivel piezométrico, cuya serie histórica anual se ha obtenido a partir de las profundidades medidas en 11 sondeos correspondientes a las distintas zonas hidrogeológicas del acuífero 08.29 (Fernández 1996). El sondeo elegido en cada zona es el que posee la profundidad mediana de los distintos sondeos que pertenecen a la misma zona y que cubren la serie histórica 1973-94. En el gráfico 1 se presenta la evolución de la profundidad media calculada, la cual refleja la sobreexplotación gradual a la que ha sido sometido el acuífero.

Gráfico 1

Profundidad media del nivel del acuífero 0829 Mancha Oriental



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos en Fernández (1996).

3.3. Selección y agrupación de cultivos

En el cuadro 2 se muestran los datos relativos a los principales cultivos en regadío de la provincia de Albacete en el año 1994.

El esquema 1 muestra la estructura jerárquica de asignación que ha sido definida, estructura que consta de dos únicos

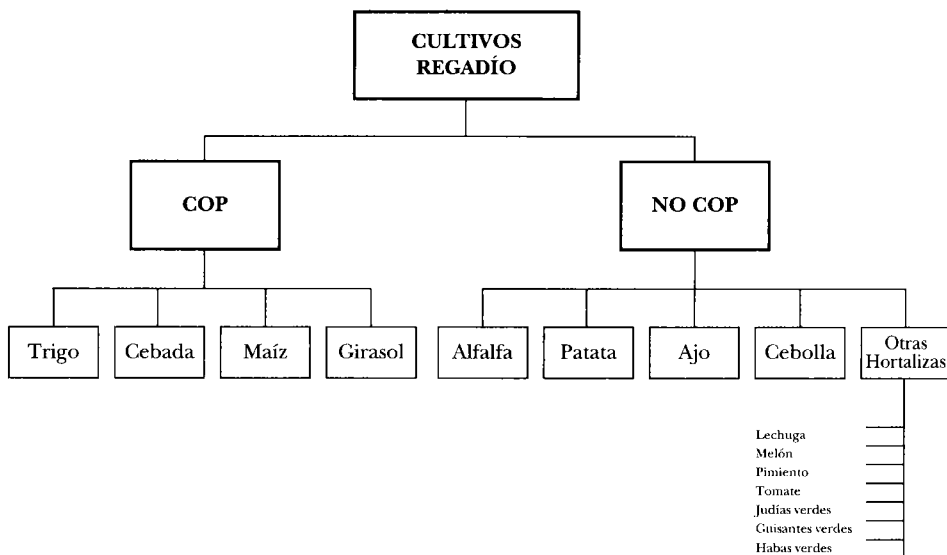
Cuadro 2

DATOS PROVINCIALES EN 1994 DE CULTIVOS QUE SUPERAN EL 1% DE LA SUPERFICIE, CONSUMO O VALOR TOTAL DE LA PRODUCCIÓN EN REGADÍO

Prov. Albacete Distr. Regadío 94	Superficie		Consumo		Precio Ptas./kg	Valor		Ingresos mil. ptas./ha
	ha	%	hm ³	%		Millon.	%	
<i>Cereales grano</i>								
Trigo	4.620	4	23,51	3	26	484	1	105
Cebada	18.100	16	79,92	9	22	1.833	5	101
Avena	600	1	2,86	0	22	39	0	66
Maíz	26.500	23	271,44	30	27	7.374	20	278
<i>Leguminosas grano</i>								
Guisantes secos	4.830	4	26,03	3	33	226	1	47
<i>Tuber. cons. hum.</i>								
Patata	3.100	3	31,49	4	36	2.770	7	894
<i>Cultivos industriales</i>								
Remol. azucarera	4.111	4	51,92	6	8	2.191	6	533
Girasol	25700	22	188,34	21	34	1.256	3	49
Azafrán	285	0	0,49	0	81.618	326	1	1.143
<i>Cultivos forrajeros</i>								
Cereales invierno	615	1	1,76	0	15	185	0	300
Alfalfa	7.000	6	79,33	9	17	6.938	18	991
<i>Hortalizas</i>								
Lechuga	240	0	1,18	0	38	236	1	982
Melón	160	0	0,92	0	52	116	1	726
Tomate	850	1	7,88	1	45	1.157	3	1.361
Pimiento	285	0	2,59	0	97	498	1	1.747
Ajo	2.160	2	5,67	1	168	2.898	8	1.342
Cebolla	2.050	2	19,42	2	25	3.745	10	1.827
Judías verdes	1.000	1	4,29	0	186	1.210	3	1.210
Guisantes verdes	1.500	1	5,76	1	80	719	2	480
<i>Frutales no cítricos</i>								
Manzano	600	1	7,29	1	40	313	1	521
Albaricoquero	2.000	2	18,71	2	49	627	2	314
Melocotonero	431	0	5,04	1	65	250	1	581
Almendro	450	0	3,86	1	120	92	0	204
<i>Viñedo</i>								
Uva transformac.	500	0	5,00	1	72	215	1	430
<i>Olivar</i>								
Aceituna almazara	2.520	2	21,60	2	133	435	1	173
TOTAL REGADÍO	115.264		899,04		25	37.660		327

Esquema 1

Estructura jerárquica definida



niveles de distribución, lo cual reduce el riesgo de que se acumulen errores de estimación importantes en los niveles inferiores cuando el modelo se simula conjuntamente. La configuración final de cada nivel, es decir, el número de agrupaciones de cultivos y su disposición, es la más satisfactoria que se ha encontrado después de combinar distintos criterios de clasificación (similitud o diferencia entre los sistemas de producción o entre los instrumentos de política agraria aplicados, posibilidades de sustitución entre cultivos, etc.) y de realizar numerosas estimaciones de trabajo.

En un primer nivel, el consumo total de agua se distribuye entre dos grupos: cultivos COP y cultivos «no COP». Esta elección se justifica a priori en la gran influencia que ejercen los distintos instrumentos de la PAC sobre las decisiones de asignación del agricultor. Los cultivos COP elegidos son trigo, cebada, girasol y maíz. Estos cultivos están sujetos a una serie de medidas PAC comunes (básicamente, caídas de los precios de intervención y ayudas compensatorias por superficie condicionadas a la retirada de tierras de cultivo) que hacen que una parte significativa de los ingresos para el agricultor no se deba

a la venta de la producción a precios de mercado. El grupo de cultivos «no COP» incluye aquellos cultivos no sujetos a la PAC o cuyas políticas se llevan a cabo vía precios, con lo que los ingresos para el agricultor se deben prácticamente en su totalidad a la venta de la producción. Los cultivos «no COP» elegidos son patata, alfalfa, ajo, cebolla y otras hortalizas (grupo que agrega guisantes verdes, judías verdes, tomate, pimiento, lechuga, habas verdes, melón).

Otro argumento que justifica la desagregación del modelo en cultivos COP y «no COP» es el factor de riesgo en la producción, mucho más alto para los segundos, tal como puede apreciarse en el cuadro 3 donde se presentan los coeficientes de variación de los ingresos por hectárea de los cultivos considerados para la serie histórica 1972-94. Los cultivos COP elegidos presentan oscilaciones anuales de sus ingresos por superficie inferiores a los cultivos «no COP».

La elección de los cultivos considerados en los grupos COP y «no COP» se ha realizado en función de su importancia dentro de la zona de estudio. No se han incluido los guisantes secos (con un 3 por ciento del consumo total de agua, ver cuadro 2) dentro del grupo «no COP» por tratarse de un cultivo implantado en la zona únicamente en los dos últimos años del período muestral. No se ha considerado la remolacha, a pesar de tratarse de un cultivo también importante en la zona (4 por ciento de superficie y 6 por ciento de consumo), debido a que la PAC impone sobre la misma una cuota de producción, lo que permite considerar su dotación de agua como pre-determinada una vez fijados los valores de la cuota de producción, del rendimiento por hectárea y de las necesidades hídri-

Cuadro 3

COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE INGRESOS POR HECTÁREA
CORRESPONDIENTE A LA SERIE HISTÓRICA 1972-94

Cultivos COP				Cultivos NO COP				
Maíz	Girasol	Cebada	Trigo	Alfalfa	Patata	Ajo	Cebolla	Otras hortalizas
0,004	0,006	0,003	0,016	0,065	0,07	0,292	0,131	0,131

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos de los Anuarios de Estadística Agraria 1972-94 del MAPA.

cas. Tampoco se han incluido los cultivos leñosos en regadío debido a que la parte de la provincia de Albacete que entra dentro de la zona de explotación del acuífero cuenta con una escasa presencia de este tipo de cultivos.

3.4. Estimación y Validación

De acuerdo al esquema jerárquico expuesto anteriormente, la forma funcional (2) se ha empleado para realizar un total de 3 asignaciones de consumos de agua:

Sistema S-I: asignación del volumen total de agua entre los grupos de cultivos COP y «no COP».

Sistema S-II: asignación del consumo correspondiente a los cultivos COP.

Sistema S-III: asignación del consumo correspondiente a los cultivos «no COP».

No es posible exponer aquí con detalle las propiedades del modelo teórico dinámico propuesto ni sus consecuencias sobre la estimación de los parámetros (ver Bewley, 1986; Bewley *et al.*, 1987; Burton, 1992 o Ibáñez, 1995). Será suficiente decir que la matriz de varianzas y covarianzas de los términos de error es singular y que, cuando se emplea el esquema dinámico restringido, existen restricciones que relacionan entre sí los parámetros de las distintas ecuaciones del sistema. Por ambas razones se ha empleado para la estimación el procedimiento de Máxima Verosimilitud de Información Completa (MVIC) que implica, como es bien conocido, que los estadísticos t de Student resulten de poca utilidad a la hora de evaluar la bondad de las estimaciones obtenidas con muestras reducidas. En cualquier caso, los parámetros de la forma lineal estimable del modelo representan desviaciones con respecto a la media de los parámetros estructurales en las distintas ecuaciones, por lo que un valor cero de alguno de ellos no supone ausencia de efecto de la variable explicativa asociada sino un efecto medio de la misma.

En consecuencia, la elección de una única especificación para cada sistema se ha realizado atendiendo: i) a la capacidad de reproducir las series históricas de datos, evaluada mediante los estadísticos U_2 de Theil (Kost, 1980) y la representa-

ción gráfica de las series de datos reales y simulados, ii) a los valores y signos de las elasticidades estimadas. Por otra parte, siempre que ha sido posible, se ha preferido la especificación dinámica restringida a la no restringida con el fin de ganar grados de libertad para la estimación.

3.5. Resultados de estimación

En el apéndice se presentan las ecuaciones y las estimaciones de los parámetros para los tres sistemas: S-I, S-II y S-III, junto con la lista de variables utilizadas en el proceso de estimación.

Las elasticidades calculadas para cada sistema reflejan la variación porcentual del consumo de agua asignado a cada cultivo (o grupo) ante variaciones porcentuales del ingreso o precio del propio cultivo en el año anterior (elasticidad precio propia), del ingreso o precio de otro cultivo del mismo sistema (elasticidad precio cruzada), del consumo total de agua para el conjunto de cultivos del sistema y de la profundidad media del nivel piezométrico del acuífero. Los valores de dichas elasticidades anteriores se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4

ELASTICIDADES MEDIAS (PERÍODO 1972-94) RESPECTO AL INGRESO (PRECIO EN S-II), AL CONSUMO TOTAL DE AGUA YA LA PROFUNDIDAD DEL ACUÍFERO

Sistema		Elasticidades ingreso (precio en S-II)				Elasticidad consumo total	Elasticidad profundidad
S-I	COP	COP no COP					
	no COP	+0,038	-0,038		+0,3174	-0,0130	
		-0,072	+0,072		-0,6087	+0,0250	
S-II	Trigo	+2,328	-1,900	+0,222	-0,651	-0,7903	+0,3144
	Cebada	+0,764	+0,029	+0,367	-1,159	-0,1510	-0,0617
	Girasol	-0,730	+2,047	+0,927	-2,245	-1,1285	-0,0216
	Maíz	-0,265	-0,265	-0,310	+0,839	+0,3309	-0,0023
S-III	Patata	-0,003	+0,005	+0,005	-0,040	+0,033	-0,2168
	Alfalfa	-0,057	+0,011	+0,027	-0,030	+0,049	+0,1822
	Ajo	+0,230	-0,004	+0,121	-0,138	-0,208	-0,0541
	Cebolla	+0,091	-0,034	-0,144	+0,234	-0,147	+0,2188
	Otras	+0,039	-0,018	-0,003	-0,029	+0,010	-0,7604

Todas las elasticidades precio propias son positivas (o muy próximas a cero) como cabría esperar. Las elasticidades del consumo total de agua de cada grupo muestran diferencias significativas entre los cultivos de cada sistema, lo que va a originar efectos de escala en la asignación cuando se planteen escenarios de simulación con diferentes cuotas de consumo total de agua. Sin embargo, en nuestro caso, la elasticidad relacionada con el nivel freático del acuífero es muy pequeña para la mayoría de los cultivos, por lo que será escasa la respuesta del modelo ante escenarios de simulación con variaciones de la profundidad de dicho nivel.

Como ya se ha indicado, la capacidad para reproducir las series históricas de datos ha sido evaluada mediante los estadísticos U_2 de Theil (Kost, 1980). Un valor del estadístico comprendido entre 0 y 1, indica una aceptable capacidad de reproducción de las series históricas, tanto mejor cuanto más se aproxime a 0 el valor del estadístico. En el cuadro 5 se presentan los valores del estadístico U_2 para cada uno de los cultivos (o grupos) considerados.

Los valores del estadístico U_2 sugieren una aceptable capacidad del modelo para reproducir las series históricas de consumos en todos los cultivos o grupos considerados. Los mejores resultados se han conseguido para el maíz, el girasol, la alfalfa y el ajo, por este orden.

Cuadro 5

VALORES DEL ESTADÍSTICO U_2 DE THEIL

Sistema	Cultivos o Grupos	Estadístico U_2
S-I	COP	0,18
	no COP	0,61
S-II	Trigo	0,83
	Cebada	0,85
	Girasol	0,16
	Maíz	0,15
S-III	Patata	0,62
	Alfalfa	0,38
	Ajo	0,48
	Cebolla	0,65
	Otras	0,97

4. ESCENARIOS Y RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Aunque el modelo estimado permite considerar escenarios relativos a diversos entornos económicos (precios e ingresos) y políticos (medidas de la PAC relacionadas con ayudas directas y tasas de retirada), la aportación más original del mismo radica en la posibilidad de realizar análisis de evaluación de los impactos que pueden esperarse de la implantación de una cuota de agua dentro de la zona objeto de estudio. Así pues, se va a analizar el impacto que, sobre la distribución de consumos de agua entre cultivos, sobre las superficies cultivadas y sobre el valor de la producción en la zona, cabe esperar de una reducción de la cuota de consumo de agua en condiciones *ceteris paribus*.

Para ello se han establecido dos escenarios de simulación que mantienen constantes todas las variables exógenas a sus valores reales de 1994 con excepción del volumen total disponible de agua. Esta variable, en el escenario 1, se ha mantenido constante desde 1995 en su valor real de 1994 (728,4 hm³) mientras que, en el escenario 2, se ha mantenido constante desde 1995 a un valor un 10 por ciento menor (655,6 hm³). Dada la escasa significación mostrada por la profundidad del nivel piezométrico en nuestro modelo empírico no se han diseñado escenarios relativos a esta variable.

Los cuadros 6, 7 y 8 recogen los consumos, las superficies y los valores de la producción obtenidos en el equilibrio, esto es, una vez que alcanzan un valor proyectado estable. También se presentan las distribuciones porcentuales y las variaciones obtenidas de los valores anteriores bajo los dos escenarios. A modo de referencia, los cuadros incluyen los valores reales correspondientes a 1994.

Los resultados obtenidos con los escenarios 1 y 2 muestran cómo la reducción del 10 por ciento de la disponibilidad de agua da lugar a una reducción porcentual similar de la superficie total cultivada (9,6 por ciento) y a una reducción menor del valor total de la producción (5,6 por ciento).

A nivel de grupos de cultivos, la reducción de disponibilidad de agua repercute prácticamente en su totalidad sobre el consumo, superficie cultivada y valor de los cultivos COP sin incidir apenas sobre los cultivos «no COP». Bajo el escenario 2, la reducción del 10 por ciento del consumo total de agua hace disminuir aproximadamente un 2 por ciento la participación

Cuadro 6

RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE CONSUMOS DE AGUA EN HM³

Cultivo	1994 real	%	ESC.1	%	ESC.2	%	(E2-E1)*100/E1
Trigo	17,3	2,4	15,7	2,2	14,5	2,2	-7,6
Cebada	75,0	10,3	74,3	10,2	62,1	9,5	-16,4
Girasol	209,9	28,8	233,5	32,1	227,9	34,8	-2,4
Maíz	265,2	36,4	245,3	33,7	190,0	29,0	-22,5
Cultivos COP	567,5	77,9	568,9	78,1	494,5	75,4	-13,1
Patata	29,4	4,0	26,6	3,7	26,7	4,1	0,4
Alfalfa	79,8	11,0	68,6	9,4	69,7	10,6	1,6
Ajo	11,2	1,5	16,6	2,3	16,8	2,6	1,2
Cebolla	21,2	2,9	29,4	4,0	29,9	4,6	1,7
Otras hortalizas	19,3	2,6	18,4	2,5	18,1	2,8	-1,6
Cultivos no COP	161,0	22,1	159,6	21,9	161,1	24,6	0,9
TOTAL	728,4	100,0	728,4	100,0	655,6	100,0	-10,0

Cuadro 7

RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE SUPERFICIES DE REGADÍO EN HA

Cultivo	1994 real	%	ESC.1	%	ESC.2	%	(E2-E1)*100/E1
Trigo	3.406,2	3,7	3.083,6	3,3	2.852,1	3,4	-7,6
Cebada	16.987,9	18,3	16.835,2	17,9	14.072,9	16,6	-16,4
Girasol	28.637,7	30,9	31.864,2	33,9	31.092,2	36,6	-2,4
Maíz	25.894,7	27,9	23.948,9	25,5	18.549,4	21,8	-22,5
Cultivos COP	74.926,5	80,8	75.731,9	80,6	66.566,6	78,4	-12,1
Patata	2.895,8	3,1	2.618,3	2,8	2.624,3	3,1	0,4
Alfalfa	7.040,2	7,6	6.051,5	6,4	6.148,0	7,2	1,6
Ajo	2.099,3	2,3	3.106,0	3,3	3.130,4	3,7	1,2
Cebolla	2.237,0	2,4	3.099,7	3,3	3.153,0	3,7	1,7
Otras hortalizas	3.502,9	3,8	3.332,7	3,5	3.279,4	3,9	-1,6
Cultivos no COP	17.775,1	19,2	18.208,1	19,4	18.335,1	21,6	0,7
TOTAL	92.701,6	100,0	93.940,0	100,0	84.901,8	100,0	-9,6

de los cultivos COP en el consumo total y en la superficie total con relación a lo obtenido bajo el escenario 1. La reducción de la participación de los cultivos COP en el ingreso bruto total resulta ser aproximadamente el doble (4,4 por ciento).

A nivel de cultivos individuales, la reducción de la disponibilidad de agua produce las reducciones más importantes del consumo, superficie cultivada y valor de la producción (tanto en términos absolutos como relativos) para el maíz y, en menor medida, para la cebada. Los efectos sobre el resto de cultivos resultan ser mucho menos significativos.

Cuadro 8

RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE REGADÍO EN PTAS.

Cultivo	1994 real	%	ESC.1	%	ESC.2	%	(E2-E1)*100/E1
Trigo	357,1	1,2	323,2	1,0	299,0	1,0	-7,6
Cebada	1.720,4	5,6	1.705,0	5,4	1.425,2	4,8	-16,4
Girasol	1.399,5	4,6	1.557,1	4,9	1.519,4	5,1	-2,4
Maíz	7.205,2	23,6	6.663,8	21,1	5.161,4	17,3	-22,5
Cultivos COP	10.682,2	35,0	10.249,1	32,5	8.405,0	28,1	-21,9
Patata	2.587,4	8,5	2.339,5	7,4	2.344,9	7,8	0,4
Alfalfa	6.978,3	22,9	5.998,3	19,0	6.093,9	20,4	1,6
Ajo	2.816,4	9,2	4.167,0	13,2	4.199,7	14,0	1,2
Cebolla	4.086,2	13,4	5.661,9	17,9	5.759,4	19,3	1,7
Otras hortalizas	3.326,8	10,9	3.165,1	10,0	3.114,5	10,4	-1,6
Cultivos no COP	19.795,0	65,0	21.331,8	67,5	21.512,5	71,9	0,8
TOTAL	30.477,2	100,0	31.580,9	100,0	29.917,4	100,0	-5,6

5. CONCLUSIONES

Se ha presentado un modelo econométrico para la evaluación del impacto sobre la actividad agrícola regional de políticas basadas en el establecimiento de cuotas de utilización del agua. El modelo permite crear distintos escenarios de simulación, siendo los más interesantes, a nuestro juicio, los que resultan de establecer valores exógenos sobre la cuota total de agua y sobre la evolución prevista de la disponibilidad de agua en las fuentes naturales de recursos hídricos.

Para la construcción del modelo, se ha definido una metodología basada en los modelos de asignación de superficies a cultivos, pero orientando el problema de tal forma que la decisión del agricultor sobre «qué» y «cuánto» cultivar se realice atendiendo a la disponibilidad del recurso agua y no a la disponibilidad del recurso suelo.

Como forma funcional del modelo de asignación se ha propuesto la extensión multinomial del modelo logit de Theil. Este modelo se especifica como un sistema de ecuaciones simultáneas en el que la variable dependiente en cada ecuación es la fracción del volumen de agua disponible correspondiente a cada cultivo. El modelo asegura que las fracciones estimadas son números no negativos que suman la unidad.

Como variable explicativa adicional a las habitualmente empleadas en los modelos de asignación de superficies se in-

cluye una variable relacionada con la disponibilidad de agua. En este sentido, la variable sugerida es el nivel freático medio de la zona de estudio, variable ésta muy interesante ya que permite utilizar, a efectos de simulación del modelo econométrico, los resultados proporcionados por modelos hidrogeológicos, extendiendo así su ámbito de análisis del meramente hidroológico al agrícola y económico.

Como aplicación empírica del modelo, se ha estudiado el impacto del establecimiento de políticas de cuotas de riego en el acuífero 08.29 «Mancha Oriental» de Albacete, uno de los más grandes de España y cuya sobreexplotación ha ido ligada en los últimos años a un importante crecimiento agrícola y económico en la zona. En dicha aplicación se ha definido una estructura jerárquica de asignación con dos niveles de distribución. En el primer nivel se distribuye el volumen total de agua disponible entre dos grupos de cultivos: cultivos COP (con instrumentos de la PAC comunes) y cultivos «no COP». En el segundo nivel se distribuye el volumen asignado a cada uno de los grupos anteriores entre cultivos individuales. Las elasticidades estimadas, así como las simulaciones realizadas, confirman la buena elección del criterio de asignación. El análisis del impacto de una política de reducción de cuota hídrica se ha realizado definiendo dos escenarios de simulación del modelo, uno que mantiene la cuota de consumo a su valor de 1994 (escenario 1) y otro que la reduce en un 10 por ciento (escenario 2). Los resultados de simulación en el equilibrio muestran que esta reducción de cuota da lugar a una reducción de la superficie total cultivada en similar proporción (9,6 por ciento) y a una reducción de los ingresos brutos en una proporción menor (5,6 por ciento). Por cultivos, la reducción de cuota afecta principalmente al maíz y a la cebada, cultivos que reducen significativamente su presencia en la zona respecto a la obtenida bajo el escenario 1.

La aplicación empírica ha permitido constatar que el modelo teórico definido es perfectamente aplicable, constituyendo un tratamiento innovador para el estudio del impacto de políticas de explotación de acuíferos subterráneos. La validez del modelo definido será aún mayor si se generaliza la aplicación de políticas de restricción de agua, lo que permitirá disponer de series históricas de datos que reflejen el comportamiento del agricultor bajo tales condiciones. □

APÉNDICE

Sistema S-I

$$\begin{aligned} \text{endCOP} = & -2,450 + 0,055\text{lringrCOP}(-1) + 0,347\text{endCOP}(-1) + 0,463\text{lconsum} \\ & (-2,86) \quad (0,96) \quad (1,93) \quad (3,35) \\ & -0,09\text{lprofund} - 0,001\text{*retir} \\ & (-0,87) \quad (-0,75) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endNOC} = & 2,450 - 0,055\text{*lringrCOP}(-1) - 0,347\text{*endNOC}(-1) - 0,463\text{*lconsum} \\ & (2,86) \quad (-0,96) \quad (-1,93) \quad (-3,35) \\ & + 0,019\text{*lprofund} + 0,001\text{*retir} \\ & (0,87) \quad (0,75) \end{aligned}$$

Sistema S-II

$$\begin{aligned} \text{endTRI} = & 0,164 + 1,804\text{*lprecTRI}(-1) - 1,878\text{*lprecCEB}(-1) - 0,079\text{*lprecGIR}(-1) \\ & (0,12) \quad (1,65) \quad (-1,05) \quad (-0,14) \\ & + 0,115\text{*endTRI}(-1) - 0,356\text{*lconsum} + 0,257\text{*lprofund} - 0,160\text{*dumGIR} \\ & (1,37) \quad (-1,36) \quad (1,76) \quad (-1,82) \\ & + 0,001\text{*retir} \\ & (0,38) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endCEB} = & -0,062 + 0,240\text{*lprecTri}(-1) + 0,051\text{*lprecCEB}(-1) + 0,065\text{*lprecGIR}(-1) \\ & (-0,09) \quad (0,39) \quad (0,05) \quad (0,22) \\ & + 0,115\text{*endCEB}(-1) + 0,284\text{*lconsum} - 0,119\text{*lprofund} - 0,237\text{*dumGIR} \\ & (1,37) \quad (2,07) \quad (-1,44) \quad (-4,48) \\ & -0,017\text{*retir} \\ & (-2,60) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endGIR} = & 1,610 - 1,254\text{*lprecTRI}(-1) + 2,069\text{*lprecCEB}(-1) + 0,626\text{*lprecGIR}(-1) \\ & (1,72) \quad (-1,48) \quad (1,54) \quad (1,53) \\ & + 0,115\text{*endGIR}(-1) - 0,694\text{*lconsum} - 0,079\text{*lprofund} + 0,557\text{*dumGIR} \\ & (1,37) \quad (-3,86) \quad (-0,73) \quad (7,28) \\ & + 0,074\text{*retir} \\ & (8,09) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endMAI} = & -1,711 - 0,789\text{*lprecTRI}(-1) - 0,243\text{*lprecCEB}(-1) - 0,611\text{*lprecGIR}(-1) \\ & (-2,61) \quad (-1,48) \quad (-0,29) \quad (-2,64) \\ & + 0,115\text{*endMAI}(-1) + 0,766\text{*lconsum} - 0,060\text{*lprofund} - 0,160\text{*dumGIR} \\ & (1,37) \quad (4,94) \quad (-0,86) \quad (-3,09) \\ & -0,06\text{*retir} \\ & (-9,73) \end{aligned}$$

Sistema S-III

$$\begin{aligned} \text{endPAT} = & 0,563 - 0,063*\text{lingrPAT}(-1) + 0,013*\text{lingrALF}(-1) + 0,001*\text{lingrAJO}(-1) \\ & (0,55) \quad (-1,41) \quad (0,47) \quad (0,11) \\ & -0,039*\text{lingrCBO}(-1) + 0,724*\text{endPAT}(-1) - 0,091*\text{lconsum} + 0,001*\text{lprofund} \\ & (-0,83) \quad (9,89) \quad (-0,44) \quad (0,03) \\ & -0,098*\text{dumALF} \\ & (-2,34) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endALF} = & -1,203 - 0,117*\text{lingrPAT}(-1) + 0,019*\text{lingrALF}(-1) + 0,026*\text{lingrAJO}(-1) \\ & (-0,81) \quad (-1,72) \quad (0,50) \quad (0,51) \\ & -0,030*\text{lingrCBO}(-1) + 0,724*\text{endALF}(-1) + 0,308*\text{lconsum} + 0,001*\text{lprofund} \\ & (-0,42) \quad (9,89) \quad (1,00) \quad (0,23) \\ & -0,149*\text{dumALF} \\ & (-2,62) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endAJO} = & -0,587 + 0,169*\text{lingrPAT}(-1) + 0,001*\text{lingrALF}(-1) + 0,120*\text{lingrAJO}(-1) \\ & (-0,38) \quad (2,39) \quad (0,09) \quad (2,27) \\ & -0,138*\text{lingrCBO}(-1) + 0,724*\text{endAJO}(-1) + 0,072*\text{lconsum} - 0,001*\text{lprofund} \\ & (-1,83) \quad (9,89) \quad (0,23) \quad (-0,17) \\ & -0,172*\text{dumALF} \\ & (2,81) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endCBO} = & -1,589 + 0,032*\text{lingrPAT}(-1) - 0,026*\text{lingrALF}(-1) - 0,145*\text{lingrAJO}(-1) \\ & (-0,63) \quad (0,28) \quad (-0,39) \quad (-1,72) \\ & +0,234*\text{lingrCBO}(-1) + 0,724*\text{endCBO}(-1) + 0,345*\text{lconsum} - 0,043*\text{lprofund} \\ & (1,96) \quad (9,89) \quad (0,67) \quad (-0,59) \\ & -0,172*\text{dumALF} \\ & (2,81) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{endOTR} = & 2,815 - 0,021*\text{lingrPAT}(-1) - 0,010*\text{lingrALF}(-1) - 0,001*\text{lingrAJO}(-1) \\ & (1,20) \quad (-0,19) \quad (-0,16) \quad (-0,05) \\ & -0,028*\text{lingrCBO}(-1) + 0,724*\text{endOTR}(-1) - 0,634*\text{lconsum} + 0,040*\text{lprofund} \\ & (-0,25) \quad (9,89) \quad (-1,32) \quad (0,59) \\ & +0,142*\text{dumALF} \\ & (1,60) \end{aligned}$$

Nota: Las variables retardadas un período, se expresan añadiendo el término (-1) al final de su expresión.

Lista de variables

- conAJO = Consumo hídrico del ajo en hm³
- conALF = Consumo hídrico de la alfalfa en hm³
- conCBO = Consumo hídrico de la cebolla en hm³
- conCEB = Consumo hídrico de la cebada en hm³
- conCOP = Consumo hídrico del grupo de cultivos COP en hm³
- conGIR = Consumo hídrico de girasol en hm³

- conMAI = Consumo hídrico del maíz en hm^3
 conNOC = Consumo hídrico del grupo de cultivos «no COP» en hm^3
 conPAT = Consumo hídrico de la patata en hm^3
 conOTR = Consumo hídrico del grupo de hortalizas en hm^3
 consum = Consumo total de agua (cuota) a distribuir en hm^3
 conTRI = Consumo hídrico del trigo en hm^3
 dumALF = Variable Dummy para la alfalfa que recoge el efecto del cambio de escala en los datos comprendidos entre 1973 y 1984. Vale 0 para el intervalo anterior y 1 para 1985-1994
 dumGIR = Variable Dummy el efecto de implantación progresiva del girasol en la zona. Vale 0 entre 1973 y 1976; 1, 2, 3 y 4 entre 1977 y 1980; y 5 entre 1981 y 1994
 endAJO = $\log(\text{conAJO}/\text{conNOC}) - \log(\text{conPAT} * \text{conALF} * \text{conAJO} * \text{conCBO} * \text{conOTR} / \text{conNOC}^5)^{1/5}$
 endALF = $\log(\text{conALF}/\text{conNOC}) - \log(\text{conALF} * \text{conAJO} * \text{conCBO} * \text{conOTR} / \text{conNOC}^5)^{1/5}$
 endCBO = $\log(\text{conCBO}/\text{conNOC}) - \log(\text{conPAT} * \text{conALF} * \text{conAJO} * \text{conCBO} * \text{conOTR} / \text{conNOC}^5)^{1/5}$
 endCEB = $\log(\text{conCEB}/\text{conCOP}) - \log(\text{conTRI} * \text{conCEB} * \text{conGIR} * \text{conMAI} * \text{conCOP}^4)^{1/4}$
 endCOP = $\log(\text{conCOP}/\text{consum}) - \log(\text{conCOP} * \text{conNOC} / \text{consum}^2)^{1/2}$
 endGIR = $\log(\text{conGIR}/\text{conCOP}) - \log(\text{conTRI} * \text{conCEB} * \text{conGIR} * \text{conMAI} / \text{conCOP}^4)^{1/4}$
 endMAI = $\log(\text{conMAI}/\text{conCOP}) - \log(\text{conTRI} * \text{conCEB} * \text{conGIR} * \text{conMAI} / \text{conCOP}^4)^{1/4}$
 endNOC = $\log(\text{conNOC}/\text{consum}) - \log(\text{conCOP} * \text{conNOC} / \text{consum}^2)^{1/2}$
 endOTR = $\log(\text{conOTR}/\text{conNOC}) - \log(\text{conPAT} * \text{conALF} * \text{conAJO} * \text{conCBO} * \text{conOTR} / \text{conNOC}^5)^{1/5}$
 endPAT = $\log(\text{conPAT}/\text{conNOC}) - \log(\text{conPAT} * \text{conALF} * \text{conAJO} * \text{conCBO} * \text{conOTR} / \text{conNOC}^5)^{1/5}$
 endTRI = $\log(\text{conTRI}/\text{conCOP}) - \log(\text{conTRI} * \text{conCEB} * \text{conGIR} * \text{conMAI} / \text{conCOP} / \text{conNOC}^4)^{1/4}$
 ingrAJO = Ingreso por superficie correspondiente al ajo (ptas./ha)
 ingrALF = Ingreso por superficie correspondiente a la alfalfa (ptas./ha)
 ingrCBO = Ingreso por superficie correspondiente a la cebolla (ptas./ha)
 ingrCOP = Ingreso por superficie correspondiente al grupo de cultivos COP (ptas./ha)
 ingrNOC = Ingreso por superficie correspondiente al grupo de cultivos «no COP» (ptas./ha)
 ingrOTR = Ingreso por superficie correspondiente al grupo de hortalizas (ptas./ha)
 ingrPAT = Ingreso por superficie correspondiente a la patata (ptas./ha)
 lconsum = $\log(\text{consum})$
 lingrAJO = $\log(\text{ingrAJO}/\text{ingrOTR})$
 lingrALF = $\log(\text{ingrALF}/\text{ingrOTR})$
 lingrCBO = $\log(\text{ingrCBO}/\text{ingrOTR})$
 lingrCOP = $\log(\text{ingrCOP}/\text{ingrNOC})$
 lingrPAT = $\log(\text{ingrPAT}/\text{ingrOTR})$
 lingrCEB = $\log(\text{ingrCEB}/\text{ingrMAI})$

- lingrGIR = $\log(\text{ingrGIR}/\text{ingrMAI})$
 lingrTRI = $\log(\text{precTRI}/\text{precMAI})$
 lprofund = logaritmo de la profundidad del nivel piezométrico medio del acuífero en metros
 precCEB = Precio de la cebada en ptas. (b)
 precGIR = Precio del girasol en ptas. (b)
 PrecMAI = Precio del maíz en ptas. (b)
 precTRI = Precio del trigo en ptas. (b)
 retir = tasa de retirada de tierras para cultivos COP en regadío en 1993 y 1994.

(a) En 1993 y 1994 incluye el pago compensatorio de los cultivos COP considerados.

(b) En 1993 y 1994 incluye la cantidad básica (en ptas./kg) para el cálculo de pagos compensatorios.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLANSON, P. F. (1988): *The Manchester policy simulation model of U.K agriculture (main report)*. Department of Agricultural Economics. Faculty of Economic and Social Studies. University of Manchester. Manchester.
- BEWLEY, R. (1986): *Allocation models. Specification, estimation and applications*. Ballinger Publishing Company. Cambridge.
- BEWLEY, R.; YOUNG, T. y COLMAN, D. (1987): A system approach to modelling supply equations in agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, vol. 38 (2): pp. 151-166.
- BURTON, M. P. (1992): *An agricultural policy model for the U.K*. Avebury. Aldershot. Burton, M. P. y Martin, J. P. (1986): *A model of the U.K horticultural sector*. Manchester Working Papers in Agricultural Economics WP 86/4. Department of Agricultural Economics. Faculty of Economics and Social Studies. University of Manchester.
- FERNÁNDEZ, J. A. (1996): *Informe Sobre Evolución de los Niveles Piezométricos de la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental en el Período Mayo 95-Mayo 96*. Dirección de Aguas Subterráneas y Geotécnica. Instituto Tecnológico Geo/Mínero de España.
- HUNT, B. F. y UPCHER, M. R. (1979): «Generalized adjustment of asset equations». *Australian Economic Paper*, vol. 18: pp. 308-21.
- IBÁÑEZ, J. (1995): *Un modelo econométrico de ámbito nacional y regional (Navarra) para el sector agrario*. Tesis Doctoral. Depto. de Economía y CC. Sociales Agrarias. UPM.
- KOST, E. (1980): «Model validation and the net trade model». *Agricultural Economics Research*, vol. 32 (2): pp. 1-16
- LANSINK, A. O. y OSKAM, A. (1993): *Econometric analysis of crop production in EC, using a land share approach*. Department of Agricul-

tural Economics and Policy. Wageningen Agricultural University. The Netherlands.

- MATHIEU, M. A. y RAMANANTSOA, J. (1993): *MAGALI, an econometric model of the french agricultural branch*. Ministere de l'agriculture et de la peche. Ministere de l'economie. France. Presentado a: «The technology of primary production. Modelling agricultural supply response for policy analysis. The state of the art». Workshop. Julio de 1993. Rennes.
- WOLFGARTEN, H. (1989): *Supply component of SPEL model*. En S. Bauer y W. Henrichmeyer (Ed.): *Agricultural Sector Modelling*. pp. 385-390. Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG. Germany, F.R.

RESUMEN

Un modelo econométrico de distribución de cultivos en regadío para el análisis del impacto de políticas de restricción de consumo hídrico

En este artículo se presenta una aproximación al análisis de los impactos que una aplicación de políticas de restricción en la utilización de recursos hídricos puede originar sobre la agricultura en regadío de una cierta región. Se propone un modelo econométrico basado en series de datos temporales y desarrollado como una extensión de los modelos de asignación de superficies al problema de asignación de volúmenes de agua. Como aplicación del modelo se evalúa el impacto de una aplicación de cuotas de riego sobre la agricultura de regadío que explota el acuífero 08.29 «Mancha Oriental» de Albacete.

PALABRAS CLAVE: Modelo econométrico, distribución de cultivos, restricciones de riego.

RÉSUMÉ

Un modèle économétrique de distribution des cultures irrigables pour l'analyse de l'impact des politiques de restriction de la consommation d'eau

Le présent article envisage une analyse d'approche de l'impact éventuel des politiques de restriction de l'exploitation des ressources hydriques sur l'agriculture irrigable d'un région donnée. L'auteur propose un modèle économétrique fondé sur des séries de données temporelles et développé comme une extension des modèles d'attribution des surfaces à la question de l'attribution des volumes d'eau. À titre d'application du modèle, l'auteur évalue l'impact d'une attribution de quotas d'irrigation sur l'agriculture irrigable exploitant l'aquifère 08.29 «Mancha Oriental» d'Albacete.

MOTS CLÉF: Modèle économétrique, distribution des cultures, restrictions d'irrigation.

SUMMARY

An econometric irrigated crop allocation model for analysing the impact of water restriction policies

In this paper, an approach is presented for analysing the possible impact of applying water restriction policies to irrigated farming in a particular region. An econometric model is proposed that is based on time series and developed as an extension of land allocation models to the problem of water volume allocation. The model is applied to evaluate the impact of applying irrigation quotas on farmers using the «Mancha Oriental» aquifer 0.28 in Albacete.

KEYWORDS: Econometric model, crop allocation, irrigation restrictions.

