

Estudios de Economía Aplicada
Nº 13, 1999. Págs. 5-22

La influencia de la Política Agrícola Común en la zona de Regadío Flumen-Monegros¹

CALVO CALZADA, E.

FEIJÓO BELLO, M.L.

Universidad de Zaragoza

MEMA, M.

ALBIAC MURILLO, J.

Unidad de Economía Agraria, (SIA-DGA) Zaragoza

RESUMEN

En este trabajo se presenta un marco analítico que permite investigar la utilización de los recursos tierra y agua en la zona de regadío Flumen-Monegros (Huesca). El marco analítico consiste en un modelo que incorpora información agronómica, económica y de política agraria. El modelo se ha construido utilizando técnicas de programación lineal y de simulación de cultivos. Una característica importante del modelo es la clasificación de los suelos según su capacidad productiva. En la validación del modelo se comprueba que la asignación de hectáreas resultante del modelo es similar a la asignación real. Posteriormente el modelo se utiliza para simular las consecuencias de la eliminación de las ayudas directas que reciben los agricultores.

Palabras clave: Uso de la tierra y el agua, regadío, PAC, simulación.

ABSTRACT

This paper presents an analytical framework to study land and water use in the Flumen-Monegros irrigated area (Huesca). The analytical framework involves a model that uses linear programming and crop simulation techniques, and combines agronomic, economic and policy information. An important feature of the model is the classification of crop acreage in various types of soils, depending on their productive potential. To validate the model, the results on cropland utilization obtained from the model

1. Este trabajo presenta algunos de los resultados del proyecto de investigación INIA SC97-025-C2-2.

have been compared with actual cropland utilization concluding that both are close. The model is then used to simulate the outcome of the elimination of the direct payments received by farmers.

Key words: Land and water use, irrigation, CAP, simulation.

Código UNESCO: 531201, 310301.

Artículo recibido el 24 de febrero de 1999. Revisado el 23 de agosto de 1999.

1. Introducción

Las propuestas de la Agenda 2000 de reforma de la Política Agrícola Común (PAC) y los acuerdos del GATT suponen la progresiva liberalización de los mercados agrarios, el cuestionamiento de las ayudas a la agricultura, y la introducción de requisitos medioambientales cada vez más estrictos. Estos cambios van a tener un fuerte impacto sobre el uso de los recursos naturales, por lo que es preciso analizar el uso de la tierra y del agua; de manera que se contribuya al diseño y evaluación de medidas medioambientales y de política agraria. Estos estudios requieren una combinación de modelos de simulación, sistemas de información geográfica, bases de datos y técnicas de optimización (De Koning et al., 1992; Fresco et al., 1994; Jakeman et al., 1995). El análisis de los recursos agua y tierra tiene componentes agronómicos, ecológicos, medioambientales, económicos y sociales, que tienen un gran interés para los distintos agentes del sector agrario, de la administración y de la sociedad en general (Carlson, 1993).

En este trabajo se analiza el sistema de regadío Flumen-Monegros en la provincia de Huesca. La agricultura de regadío en esta zona se estudia mediante un modelo de programación lineal, que incluye técnicas de simulación de cultivos para estimar el rendimiento de los cultivos. En la estimación de dichos rendimientos se ha utilizado el programa DSSAT (Decision Support Systems for Agrotechnology Transfer), con especificaciones para varios cultivos (trigo, cebada y maíz). Los rendimientos se han simulado a partir de datos de suelo, clima de la zona, datos genéticos de las variedades, y tipo de manejo de los cultivos en la zona. En el modelo de programación lineal, la función objetivo maximiza el margen neto alcanzado con los cultivos, y las restricciones representan la disponibilidad de recursos, los requisitos agronómicos y las medidas de política agraria.

El artículo está estructurado de la forma siguiente: primero se señalan algunas características importantes del regadío Flumen-Monegros, a continuación se describen el modelo y las fuentes de datos empleadas; se simula el modelo bajo el escenario de eliminación de los pagos directos de la PAC y finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo desarrollado.

2. Sistema de Regadío Flumen-Monegros

La zona de estudio está situada en Aragón, al sur de la ciudad de Huesca, y comprende dieciséis municipios de las comarcas de la Hoya de Huesca y de Monegros, que son los siguientes: Almuniente (M1), Barbués (M2), Huerto (M3), Grañén (M4),

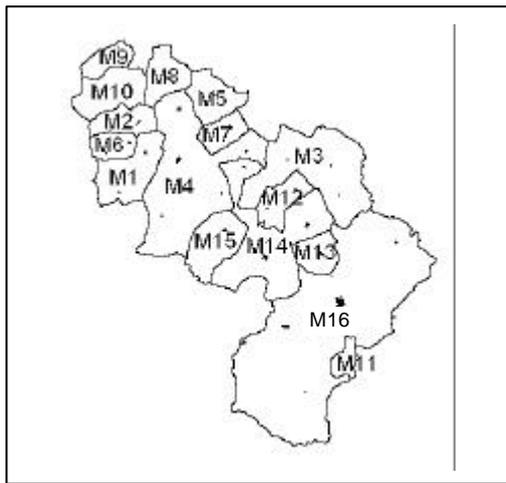


Fig. 1: Mapa de Municipios

Piracés (M5), Torres de Barbués (M6), Tramaced (M7) (Hoya de Huesca Sur); Albero Bajo (M8), Vicién (M9), Sangarrén (M10) (Hoya de Huesca Norte) y Albalatillo (M11), Alberuela (M12), Capdesaso (M13), Lalueza (M14), Poleñino (M15), y Sariñena (M16) (Monegros).

La agricultura de regadío en esta zona es un elemento fundamental en la actividad económica, y ha contribuido a la estabilidad demográfica en las últimas décadas. El área de estudio tiene una extensión de 85.510 hectáreas, de las que 61.200 son cultivables y el resto son bosques, prados y terrenos no cultivables. El regadío supone las tres cuartas partes de

la superficie cultivada. Las tierras labradas se dedican en su mayoría a cultivos herbáceos, y los principales cultivos son cereales de invierno (trigo y cebada), maíz, alfalfa, arroz y girasol (Figura 2). Algunos de estos cultivos (arroz, maíz y alfalfa) tienen un consumo elevado de agua pero, por ahora, la disponibilidad de agua en la zona es abundante, barata y segura, lo que favorece el cultivo de las mismos.

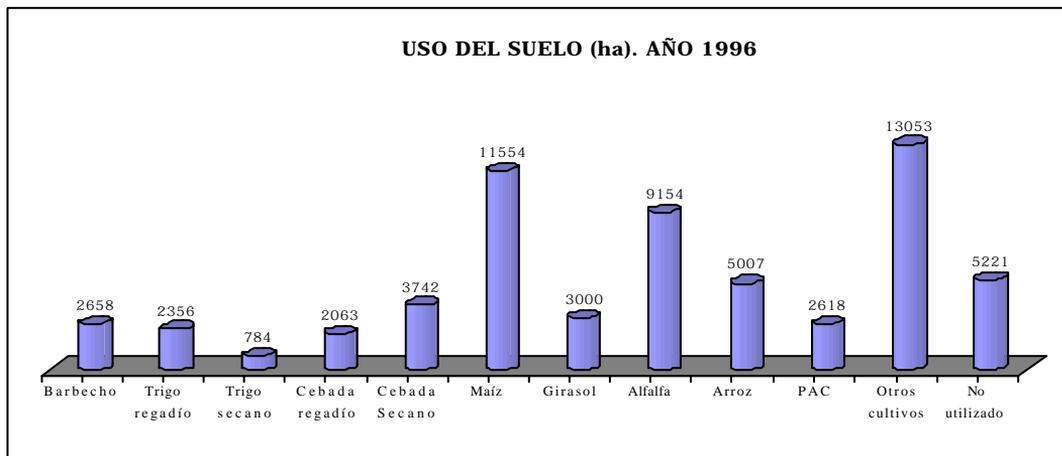


Fig. 2: Uso actual del suelo

En la zona Flumen-Monegros el riego es esencial en la producción agrícola ya que las precipitaciones de lluvia son insuficientes, sobre todo en verano. El clima de la zona es de tipo semiárido, con déficit de agua a lo largo de todo el año, y la aridez se

agrava en la comarca de Monegros (Martínez-Cob et al., 1998). El origen de los recursos hídricos del área es el pantano de la Sotonera, con una capacidad de 187 Hm³.

La degradación de los suelos y de la calidad de las aguas son problemas medioambientales importantes en nuestro país (Ministerio de Medio Ambiente, 1998). La pérdida de valor productivo del suelo es consecuencia de las condiciones climáticas, las características geológicas del territorio, los antecedentes históricos en el uso de la tierra, y el actual manejo de los cultivos. Además, la utilización de fertilizantes y productos fitosanitarios provoca la contaminación de suelos y aguas. En el trabajo no se analiza la evolución en el tiempo del recurso natural tierra, y sólo se utiliza la información sobre su situación actual.

En el tratamiento del recurso natural tierra, el suelo se ha clasificado en cuatro tipos, a partir de la información georeferenciada facilitada por Nogues (1994). La tabla 1 muestra las principales características y la relación con las unidades geomorfológicas de esta clasificación.

Tabla 1. Clasificación de los suelos. Fuente: Nogues (1994)

<i>Tipo</i>	<i>Clase</i>	<i>Productividad</i>	<i>CE</i> ^a	<i>SAR</i> ^b	<i>pH</i>	<i>CRAD</i> ^c
AG1	Regadío	Alta	2,5	2	8,2	1.730
AG2	Regadío	Media	8	13	8,7	2.043
AG3	Regadío	Baja	12	14	8,8	2.680
AG4	Secano	Alta	2,8	3	8,2	1.350

a Salinidad (Conductividad Eléctrica): dS/m

b Sodicidad (mmol/l)^{1/2}

c Capacidad de retención de agua: m³/Ha

La clasificación de la tabla 1 ilustra la importancia que tiene el tipo de suelo en el rendimiento de los cultivos de la zona donde se ha desarrollado la metodología. Dos aspectos importantes de estos suelos son la salinidad (CE) y la capacidad de retención de agua (CRAD), que condiciona la eficiencia de riego.

La salinidad está muy ligada al rendimiento de los cultivos. Ayers y Wescott (1985) señalan que una excesiva concentración de sales en el suelo produce un descenso en el rendimiento de los cultivos, a causa del efecto osmótico que afecta a la capacidad de la planta para absorber agua, y del efecto de toxicidad iónica específica que afecta a algunos cultivos sensibles. En el regadío Flumen-Monegros, algunos suelos son salino-sódicos o sódicos (Herrero y Aragües, 1998), y la superficie afectada por salinidad-sodicidad se estima en unas 13.200 hectáreas, siendo el tipo de suelo AG3 el más afectado.

El riego en la zona es por superficie y la eficiencia, que depende de las características de suelo y de la técnica de riego, se ha estimado en un 40 por ciento para el suelo de tipo AG1, 60 por ciento para el tipo AG2, y 80 por ciento para el tipo AG3 (Nogues, 1998). Estas eficiencias se han utilizado para calcular el agua de riego que cubre las necesidades netas de los cultivos.

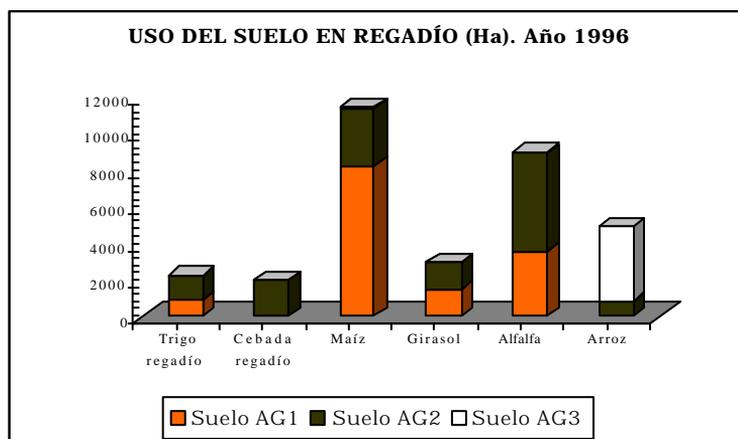


Fig. 3: Uso del suelo en regadío

En la figura 3 se muestran los principales cultivos herbáceos del regadío Flumen-Monegros y la influencia que ejerce el tipo de suelo en la asignación de cultivos por los agricultores, ya que el tipo de suelo determina el rendimiento y el consumo de agua de los cultivos.

3. Modelización

En España se han llevado a cabo distintos trabajos que analizan la producción agraria mediante la aplicación de técnicas de programación lineal. Algunas de estas aplicaciones utilizan técnicas multicriterio y de análisis de riesgo².

En la construcción del modelo, las restricciones y la función objetivo se han definido bajo el siguiente conjunto de hipótesis:

- El objetivo principal del agricultor es maximizar el margen neto de su explotación.

2. Ver los trabajos de Alaejos y Cañas (1993), Alarcón (1994), Arias (1994), Berbel et al. (1998), Gómez y Berbel (1995), Júdez y De Miguel (1996) y Millán y Ruiz (1995).

- El agricultor da mayor importancia a la información reciente, y elabora sus estrategias en función de los resultados obtenidos en los últimos años.
- Los agricultores alternan los cultivos.
- En la superficie de tierra cultivada se distinguen tres clases de suelo en regadío y una en secano, en función de su potencial productivo.
- La superficie se ha considerado no uniforme desde el punto de vista agronómico, y los cultivos seleccionados pueden estar presentes en varios tipos de suelo, con distinto rendimiento y consumo de agua según el tipo de suelo.

Las actividades de cultivo consideradas en el estudio han sido trigo y cebada (tanto en secano como en regadío), maíz, girasol, alfalfa y arroz. Además de estos cultivos, se ha considerado la superficie ocupada por cultivos minoritarios (Otros), la retirada de tierras para el cumplimiento de la normativa de la PAC, y la superficie dedicada a barbecho.

Las variables de decisión X_{ij} ($1 \leq i \leq 9$, $1 \leq j \leq 4$) representan las hectáreas asignadas a la actividad i en la ocupación del suelo j . Su descripción detallada se incluye en la tabla 2.

Tabla 2: Variables de decisión

	<i>Regadío</i>			<i>Secano</i>
	<i>AG1</i>	<i>AG2</i>	<i>AG3</i>	<i>AG4</i>
Barbecho	-	-	-	X14
Trigo	X21	X22	X23	X24
Cebada	X31	X32	X33	X34
Maíz	X41	X42	X43	-
Girasol	X51	X52	X53	-
Alfalfa	X61	X62	X63	-
Arroz	X71	X72	X73	-
Otros	X81	X82	X83	X84
PAC	X91	X92	X93	X94

El modelo propuesto optimiza el margen neto obtenido con las distintas actividades de cultivo, considerando el término municipal como unidad de decisión, sujeto a restricciones de utilización de recursos, restricciones técnicas y restricciones de política agraria. El margen neto es el resultado de substraer al beneficio bruto, los costes directos, los costes de maquinaria y mano de obra asalariada, los costes indirectos y las amortizaciones.

El margen neto unitario (C_{ij}) de cada actividad (X_{ij}) es positivo, salvo en la actividad "barbecho" que es negativo y corresponde al coste del laboreo del terreno. En la actividad "retirada de tierras", obligado por la normativa de la PAC, el margen neto considerado es igual a la ayuda por retirada.

La función objetivo del problema se define mediante:

$$\max \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^4 C_{ij} X_{ij}$$

Las restricciones del problema incorporan información sobre la disponibilidad de recursos (suelo, agua, mano de obra), condiciones agronómicas (sucesión y frecuencia de cultivos), y requisitos de la política agraria (retirada de tierra, barbecho).

La primera limitación a considerar surge como consecuencia del número de hectáreas disponibles en cada tipo de suelo (AG1, AG2, AG3, AG4):

$$\sum_{i=1}^9 X_{ij} \leq b_j \quad j=1, \dots, 4$$

donde b_j ($j=1, \dots, 4$) representa las hectáreas disponibles de cada tipo de suelo.

Siguiendo con las limitaciones en los recursos, para cada municipio se establecen las limitaciones en disponibilidad mensual de agua y de mano de obra, durante los meses de mayor utilización:

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=2}^8 d_{ijm} X_{ij} \leq a_m$$

$$\sum_{j=1}^4 \sum_{i=2}^8 e_{ijm} X_{ij} \leq l_m$$

donde d_{ijm} , e_{ijm} son los coeficientes técnicos para el agua y la mano de obra mensual, respectivamente, asociados a las variables de decisión. Los parámetros a_m y l_m representan el perfil hídrico mensual medio y la disponibilidad mensual media de mano de obra por municipio estudiado.

El segundo bloque de restricciones representa las condiciones agronómicas más importantes que requieren los cultivos, y se introducen en el modelo mediante restricciones de sucesión y frecuencia.

Las restricciones de sucesión, establecen ciertas reglas relativas a la rotación entre cultivos para evitar problemas como la aparición de malas hierbas, plagas, o el descenso de rendimiento. La diversificación de cultivos reduce el riesgo del agricultor ante fluctuaciones de precios del mercado y se incluye en el modelo mediante la rotación de cultivos, ya que las rotaciones no solo incorporan requisitos agronómicos sino que responden a decisiones de la producción para reducir el riesgo.

El cultivo del arroz se ha excluido de las reglas de sucesión, ya que en la práctica una vez que se cultiva arroz en una parcela, el cultivo se mantiene. Para los demás cultivos de regadío la superficie de un cultivo ha de ser menor que la suma de las superficies de los cultivos precedentes admisibles, y para los cultivos de secano (suelo AG4), basta con imponer que el barbecho se realiza una vez cada tres años.

$$\frac{1}{2}(X_{24} + X_{34}) \leq X_{14}$$

Las restricciones de frecuencia determinan la relación entre el período de tiempo en el que el cultivo está en la parcela, y el período de tiempo en que el cultivo no puede volver a sembrarse. Se representan mediante:

$$X_{ij} \leq \frac{m}{m+n} b_j \quad j=1, \dots, 4$$

donde m son los años en los que el cultivo está en la parcela, n son los años durante los que el cultivo no puede estar en la misma parcela, y b_j es la superficie disponible de suelo j .

El tercer bloque de restricciones establece los dos requisitos para la concesión de las ayudas: la "retirada obligatoria de tierra" y el "índice de barbecho". La normativa de la UE señala el porcentaje de superficie de cultivo que debe retirarse de la producción, y dicho porcentaje varía en cada campaña. Esta restricción se expresa mediante la desigualdad:

$$Y_r \geq \sum_{i=2}^9 \sum_{j=1}^4 X_{ij} \cdot I$$

donde Y_r es la superficie que se retira, X_{ij} es la superficie de cultivos herbáceos que recibe subvenciones e I es el porcentaje de retirada que fija la Comunidad.

Otra exigencia de la PAC es el mantenimiento del barbecho tradicional respetando los índices de barbecho definidos para cada zona. Este índice se calcula teniendo en cuenta las condiciones productivas de cada zona. En la práctica se permite una

holgura del 10%, por lo que el índice de barbecho es 90 para los municipios que están en la zona de Monegros y 10 para los municipios de la Hoya de Huesca. Estas restricciones se introducen en el modelo mediante las siguientes restricciones

$$X_{14} \leq 0.9 X_{chm}$$

$$X_{14} \leq 0.1 X_{chh}$$

donde X_{chm} es la superficie de cultivos herbáceos declarada en los municipios de la comarca de Monegros y X_{chh} es la superficie de cultivos herbáceos declarada en los municipios de la Hoya de Huesca.

El modelo completo consta de 29 variables, la función objetivo y 86 restricciones. Para una descripción detallada de la construcción del modelo y la generación de los datos utilizados, puede consultarse Mema et al. (1998).

4. Fuentes de datos

El modelo de comportamiento del regadío se ha construido a partir de la información sobre los distintos aspectos técnicos y económicos del sistema de regadío. La agrupación de los municipios en subzonas (Hoya de Huesca Norte, Hoya de Huesca Sur y Monegros), se ha llevado a cabo para conseguir áreas homogéneas de municipios con un comportamiento similar.

Para determinar las superficies de cultivo por tipo de suelo, se ha manejado un gran volumen de información y se han elaborado datos procedentes de distintas fuentes. Por un lado, la base de datos municipal de la provincia de Huesca; en particular, los cuestionarios base (1T) para la elaboración de los Anuarios de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura (Diputación General de Aragón, 1997). Por otro, informes de teledetección, y estimaciones de superficie de cultivo mediante encuestas de campo (Herrero y Casterad, 1996).

Se ha tratado de alcanzar la mayor precisión en la estimación de los coeficientes de la función objetivo y de las restricciones. Para ello, los rendimientos de los cultivos se han determinado a partir de fuentes estadísticas, experimentos de campo, y de los resultados del programa de simulación de cultivos DSSAT; para lo que es necesario disponer de datos de suelos, meteorología de la zona, datos genéticos de las variedades, y tipo de manejo de los cultivos. Los coeficientes de consumo del recurso "mano de obra" por unidad de actividad, se han estimado a partir de las necesidades horarias de maquinaria y mano de obra. La información sobre estas necesidades horarias se han recopilado de publicaciones de la administración sobre resultados técnico-económicos de actividades agrícolas para Aragón, y de hojas técnicas de cultivo. Las

necesidades de agua de riego se han obtenido de la forma siguiente: primero se han calculado las necesidades netas de los cultivos, que dependen de los datos meteorológicos. En segundo lugar se ha determinado la eficiencia de riego en función del sistema de riego y del tipo de suelo. Finalmente las necesidades de agua de riego se han calculado multiplicando las necesidades netas de cada cultivo por el inverso de la eficiencia. A su vez, estos datos se han contrastado con la facturación de la Confederación Hidrográfica del Ebro a las Comunidades de Regantes de la zona.

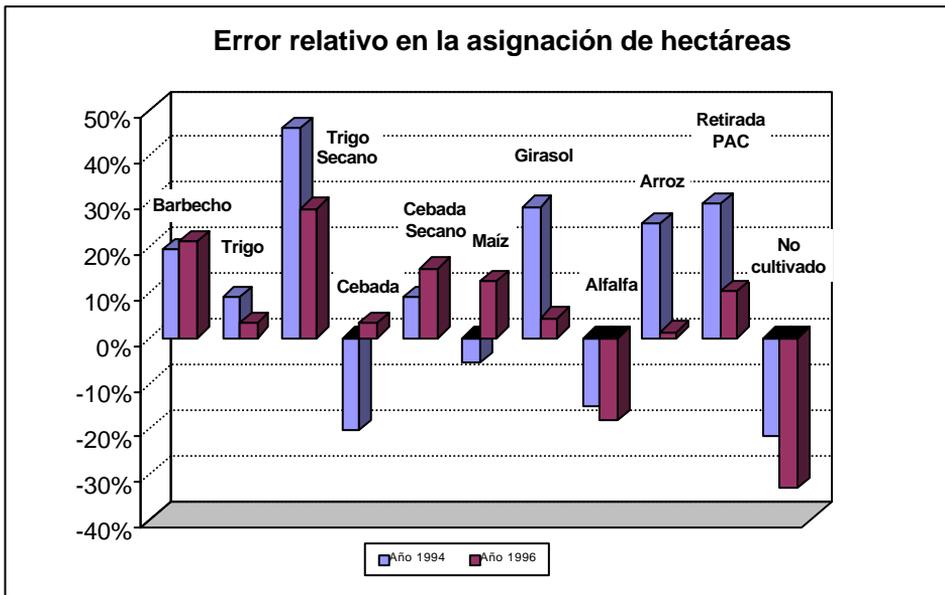
Los coeficientes de las restricciones de sucesión, frecuencia, política agraria, y consumo de recursos se han determinado tras realizar una búsqueda exhaustiva de las condiciones agronómicas, fechas de siembra y de recogida, periodos de ocupación y de descanso de los cultivos en las parcelas, así como de las labores y necesidades horarias de trabajo para cada uno de los cultivos estudiados.

5. Aplicación y validación del modelo

El modelo construido se ha aplicado a los dieciséis municipios del área de estudio para los años 1994 y 1996. El procedimiento de validación de un modelo consiste en comparar la solución del modelo con los datos reales del sistema en estudio. El proceso de validación en este caso ha consistido en comparar el plan de cultivos real que han seguido los agricultores, con el plan de cultivos resultante del modelo. El plan de cultivos real se ha establecido a partir de la información estadística y de teledetección. En la validación se han examinado las superficies de cultivo (variables de decisión) y el margen neto asociado (valor de la función objetivo). La comparación entre las superficies de cada cultivo se ha realizado a distintos niveles de agregación geográfica y por tipo de suelo.

Los resultados obtenidos en cada municipio con el modelo se aproximan a las superficies reales, aunque la aproximación varía por municipios. La figura 4 muestra para toda la zona, los porcentajes de discrepancia en la asignación de hectáreas entre la decisión tomada por los agricultores y la obtenida con el modelo. Los mayores errores relativos se observan en el barbecho, trigo en secano, superficie retirada y suelo no utilizado, aunque estas actividades no tienen una repercusión importante sobre el uso del agua y de la mano de obra. También se aprecia un cierto error relativo en el girasol y el arroz en 1994.

El margen neto depende del rendimiento de cada cultivo, que a su vez viene determinado por el tipo de suelo y el agua de riego disponible. El mayor margen neto por hectárea corresponde al arroz, que se cultiva preferentemente en el tipo de suelo AG3; el siguiente cultivo con mayor margen es el maíz que se siembra preferentemente en suelo AG1 y también en suelo AG2, y el tercer cultivo por margen neto es la alfalfa, que se cultiva en el suelo AG2.



Al aplicar el modelo, el margen neto del plan de cultivos óptimo supera al margen neto real en un 8 y un 3 por ciento para 1994 y 1996, respectivamente. Para la campaña de 1996 este incremento en el margen neto supone 56 millones de pesetas para los municipios de la Hoya de Huesca Sur, 9 millones para los de la Hoya Huesca Norte, y 105 millones de pesetas para la comarca de Monegros.

Las superficies de cultivo y el margen neto de la solución óptima se aproximan suficientemente a los datos de la zona. La agregación de las explotaciones en unidades de término municipal y las limitaciones del modelo lineal son los principales focos de error de la modelización planteada, no obstante, también hay que tener en cuenta la ineficiencia en la toma de decisiones por parte de los agricultores, acostumbrados a implantar una serie de cultivos por tradición.

Al comparar los resultados obtenidos mediante el modelo con los datos reales, se deduce que el modelo se aproxima a la realidad con suficiente precisión, en especial en el año 1996. El año 1996 se ha tomado como escenario base para llevar a cabo la simulación.

6. Escenario de eliminación de las ayudas de la PAC

Tras la Reforma de la PAC y los Acuerdos del GATT, la política agraria en la Unión Europea está dirigida a limitar la intervención de mercados para reducir los precios, compensando a los agricultores con pagos directos. Los documentos aprobados de la Agenda 2000 de la Comisión Europea mantienen las ayudas directas a los agricul-

tores pero recortando el importe que resulta de sumar el precio de mercado y el pago directo, de forma que las decisiones de los agricultores estén más orientadas hacia los mercados.

Es previsible que en el futuro las ayudas directas vayan disminuyendo, y que los agricultores reciban apoyo por el cumplimiento de objetivos medioambientales desvinculados del nivel de producción. Además, la próxima negociación de la Organización Mundial del Comercio tendrá como resultado una reducción de los precios agrícolas del mercado comunitario, que se acercarán a los precios mundiales, como ya ocurrió con la Ronda Uruguay del GATT. El escenario que se plantea de eliminación de los pagos directos recoge los dos efectos mencionados de reducción de precios del mercado comunitario y cuestionamiento de los pagos directos.

El escenario de supresión de los pagos directos de la PAC permite determinar la dirección y magnitud de los cambios provocados por el recorte de los ingresos de los agricultores. Bajo este escenario, los márgenes netos de los cultivos se reducen en el importe de las ayudas que recibieron los agricultores en 1996, y desaparecen las restricciones de retirada de tierras.

Tabla 3. Asignación de suelo al eliminar las ayudas

	<i>Eliminación de los pagos directos</i>	<i>Base</i>	<i>Diferencia</i>
Barbecho	3.246	3.217	29
Trigo	2.228	2.434	-205
Trigo seco	1.063	1.006	57
Cebada	1.863	2.128	-265
Cebada Secano	5.429	4.309	1.120
Maíz	12.983	12.972	11
Girasol	1.325	3.130	-1.805
Alfalfa	4.575	7.495	-2.920
Arroz	6.112	5.073	1.037
PAC	0	2.887	-2.887
No cultivado	9.330	3.504	5.826
Otros cultivos	13.053	13.053	0
Total	61.207	61.207	0

Los resultados del escenario confirman la gran influencia de la PAC en la toma de decisiones de producción de los agricultores. Al eliminar las ayudas directas, la rentabilidad de la actividad agraria (margen neto) cae en un 45 por ciento, y en consecuencia hay una fuerte caída en la superficie cultivada. Como se observa en la tabla

3, la eliminación de los pagos directos triplica la superficie de suelo no cultivado. La eliminación de las ayudas también provoca la expansión de los cereales en secano, lo que significa que al desaparecer las ayudas se penaliza sobre todo el cultivo en regadío de los productos examinados.

La figura 5 muestra la asignación de hectáreas bajo el marco de eliminación de ayudas. En ella pueda apreciarse que en la tierra en regadío altamente productiva (AG1), el cultivo de maíz se expande, mientras que disminuyen apreciablemente los cultivos del girasol, alfalfa y trigo. En los campos de productividad media (AG2), el número de hectáreas no cultivadas se multiplica por cinco; debido principalmente al abandono del girasol en este tipo de suelo, y a la disminución en el resto de cultivos (salvo el arroz). A pesar del aumento en la superficie no utilizada, la demanda de agua se mantiene debido a la redistribución de cultivos entre los tipos de suelo. En los suelos AG3, considerados de baja calidad, se mantiene el cultivo del arroz.

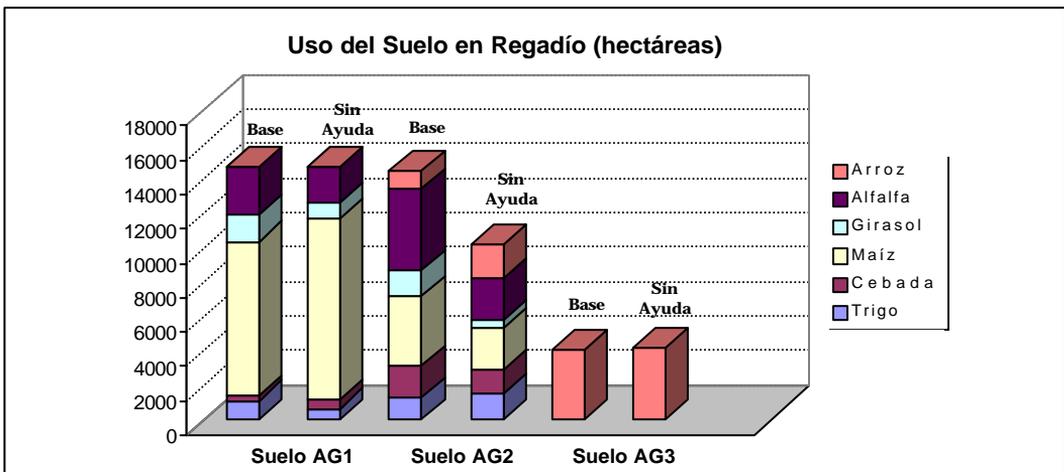


Fig. 5: Asignación de suelo bajo la eliminación de ayudas.

Ante la eliminación de las ayudas y la pérdida de rentabilidad de los cultivos actuales, los agricultores podrían responder introduciendo en el regadío cultivos de mayor valor añadido como frutales y hortalizas. Pero, para que los cultivos de alto valor añadido sustituyan a las producciones actuales de la zona, es necesario realizar un esfuerzo de difusión de técnicas de cultivos hortofrutícolas y de apoyo a las inversiones en nuevas técnicas de riego y en maquinaria, que facilite la adaptación de los agricultores.

Estos cultivos de mayor valor añadido son más intensivos en tecnología de riego, capital y mano de obra, lo que potenciaría las actividades de la zona y el futuro del regadío. En este sentido, el Libro Blanco del Agua (Ministerio de Medio Ambiente, 1998) señala que los regadíos con producciones de alto valor añadido deben tener

prioridad sobre otros regadíos con producciones de bajo valor añadido, y la política de la administración puede orientarse en el futuro hacia el apoyo de las zonas de regadío más rentables.

7. Conclusiones

En este trabajo se ha construido un modelo que representa las actividades de cultivo del regadío Flumen-Monegros. El modelo permite examinar, por un lado la utilización de los recursos tierra y agua, y por otro el impacto que sobre las actividades de cultivo producen los cambios en la política agraria.

El modelo incorpora técnicas de programación lineal y técnicas de simulación de crecimiento de cultivos. En el modelo de optimización planteado se maximiza el margen neto de las actividades de cultivo, lo que se consigue adaptando cada actividad de cultivo al mejor tipo de suelo.

Una característica importante del modelo es la clasificación de los suelos en función de su potencial productivo. De hecho, los agricultores discriminan los cultivos en función de los rendimientos en cada tipo de suelo, aumentando así los ingresos. Al disponer en el modelo de la información georeferenciada de los cultivos y tipos de suelo, se le ofrece al agricultor la posibilidad de analizar, en la asignación óptima, las diferencias por tipo de suelo.

La validación del modelo se ha llevado a cabo comparando la solución óptima con la superficie real de cultivo en los dieciséis municipios del área de estudio. Las superficies de cultivo de la solución óptima se aproximan a los datos de la zona en la mayoría de los municipios. En cualquier caso, las diferencias pueden explicarse por las limitaciones del modelo, que no recoge en la función objetivo o en las restricciones criterios importantes de decisión para los agricultores; la agregación de las explotaciones en unidades de término municipal y la ineficiencia en la toma de decisiones de los agricultores, acostumbrados a implantar una serie de cultivos por tradición.

En cuanto a los resultados, el mayor margen neto por hectárea es el del arroz, que se cultiva preferentemente en el suelo AG3; el maíz y la alfalfa, que se cultivan en los suelos AG1, AG2; y AG2, respectivamente, también tienen márgenes netos elevados. Los municipios con mayor porcentaje de tierras AG1 y AG3 son los que obtienen mayor margen neto.

El modelo se ha utilizado para simular la eliminación de los pagos directos de la PAC. La eliminación de estos pagos tiene un fuerte impacto en las decisiones de producción, ya que el margen neto cae un 45 por ciento y la superficie de suelo no cultivado se triplica. La supresión de estas ayudas provoca la caída de la producción en regadío mientras que se expande el cultivo en secano, lo que significa que la eliminación de los pagos directos penaliza sobre todo a los cultivos en regadío que se

producen actualmente en la zona. La respuesta de los agricultores ante este escenario puede ser la introducción en el regadío de producciones de mayor valor añadido, como frutas y hortalizas. Pero esta transformación exige un gran esfuerzo de información sobre técnicas de cultivo hortofrutícolas, apoyo de las inversiones necesarias en nuevos sistemas de riego y en maquinaria, y la organización de nuevos canales de transformación y distribución.

La gestión del agua tiene una gran importancia en los regadíos, y en la zona se observan cultivos que tienen un consumo elevado de agua, como el arroz, el maíz y la alfalfa. Por ahora, la disponibilidad de agua en la zona es abundante, barata y segura. Esto podría cambiar en el futuro ante la creciente competencia por el recurso agua. Políticas que supongan ingresos bajos para los cultivos o precios del agua elevados, pueden tener un efecto importante sobre el regadío Flumen-Monegros, como muestran los resultados de simulación de la eliminación de los pagos directos. Los agricultores pueden responder con una paulatina reducción de las actividades de cultivo llegando, en algunos casos, al abandono de las tierras, o pueden realizar inversiones para introducir producciones de alto valor añadido con un uso intensivo de los factores de producción. Estas producciones potenciarían el desarrollo económico de la zona, exigiendo a los agricultores un gran esfuerzo en inversiones y organización, pero con unos efectos medioambientales probablemente negativos.

Para determinar los costes y beneficios de ambas alternativas (abandono e intensificación), es necesaria más información sobre los costes de mantenimiento y mejora del sistema de riego, degradación del suelo ocasionada por la salinidad, y el impacto sobre la calidad de las aguas tanto de las producciones actuales como de las producciones de alto valor añadido que utilizan técnicas de cultivo intensivas. La evaluación de los daños totales de contaminación es difícil de medir y además las medidas para evitar la contaminación pueden tener un coste elevado.

Bibliografía

- ALAEJOS, A. y J. CAÑAS, (1993): Selección de planes de cultivo en contexto de riesgo mediante el modelo MEDIA-DAP. *Investigación Agraria: Economía* 8: 165-181.
- ALARCÓN, S., (1994): Las técnicas multicriterio y su aplicación a la evaluación de planes de desarrollo: El plan Tierra de Campos. *Revista Española de Economía Agraria* 170: 175-217.
- ARIAS, P., (1994): Planificación agraria en contexto de riesgo, mediante los modelos Motad y de Markowitz. Una aplicación a la comarca de La Campiña (Guadalajara). *Investigación Agraria: Economía* 9: 393-409.
- AYERS, R., D. WESCOTT, (1985): *Water quality for agriculture*. FAO, Paper 25. Roma. Italia.

- BERBEL, J., A. SALAS, A. RODRÍGUEZ, (1998): *Repercusiones económicas y sociales de la tarificación del agua de riego. Aplicación a tres zonas regables*. XVI Congreso Nacional de Riego. Palma de Mallorca.
- CARLSON, G., D. ZILBERMAN, J. MIRANOWSKI, (1993): *Agricultural and Environmental Resource Economics*. Oxford University Press. Nueva York.
- DE KONING, G., C. VAN DIEPEN, (1992): *Crop production potential of rural areas within the European Communities. Volume IV: Potential, water-limited and actual crop production*. Documento de trabajo W68, Netherlands Scientific Council for Government Policy. La Haya.
- DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN, (1997): Base de datos de superficies de cultivos por término municipal para Aragón 1987-1996. Servicio Provincial de Agricultura y Medio Ambiente de Huesca. Zaragoza.
- FRESCO, L., L. STROOSNIJDER, J. BOUMA, H. VAN KEULEN, (1994): *The Future of the Land: Mobilising and Integrating Knowledge for Land Use Options*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- GÓMEZ, J., J. BERBEL, (1995): Aplicación de una metodología multicriterio para la estimación de los objetivos de los agricultores del regadío cordobés. *Investigación Agraria: Economía 10*: 103-123.
- HAZELL, P., R. NORTON, (1986): *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. MacMillan. Nueva York.
- HERRERO, J., R. ARAGÜÉS, (1988): Suelos afectados por salinidad en Aragón. *Surcos de Aragón 9*: 5-10.
- HERRERO, J., M. CASTERAD, (1996): *Aforos de cultivos y otras ocupaciones de la zona regable del Flumen en 1996, obtenidos por muestreo*. Documento interno de la Unidad de Suelos y Riegos. SIA-DGA. Zaragoza.
- JAKEMAN, A., B. BECK, J. MCALEER, (1995): *Modelling Change in Environmental Systems*. John Wiley & Sons. Nueva York.
- JUDEZ, L., J. DE MIGUEL, J. FUENTES, (1996): Una aplicación de la programación lineal para el análisis de los efectos de la PAC sobre las explotaciones cerealistas de la cuenca de Pamplona. *Investigación agraria: Economía 11*: 239-257.
- MARTÍNEZ-COB, A., FACI, J., A. BERCERO, (1998): *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón*. Instituto Fernando el Católico. Zaragoza.
- MEMA, M., J. ALBIAC, J. TAPIA, M. FEIJÓO, F. MESTRE, E. CALVO, (1998): *Modelización de usos del suelo en la zona de Flumen-Monegros*. Documento de Trabajo 98-10. Unidad de Economía y Sociología Agrarias. SIA-DGA. Zaragoza.

- MILLÁN J., P. RUIZ, (1995): Determinación de soluciones eficientes en modelos de planificación de cultivos con objetivos públicos y privados en la campiña de Córdoba. *Investigación Agraria: Economía 10*: 65-76.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, (1998): *Libro Blanco del Agua en España*. Edición preliminar. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- NOGUES, J., (1994): *Evaluación de las tierras mediante la aplicación del método FAO -1976- y su integración en un sistema de información territorial en las 26000 ha (sectores IV al XI) regadas por el canal de Flumen (Huesca)*. Proyecto fin de carrera. ETSEA. Universidad de Lérida. Lérida.
- NOGUES, J., (1998): Eficiencia de riego en los suelos de la zona Flumen Monegros. *Comunicación personal*.