

Impacto socioeconómico y ambiental de la nueva PAC. Repercusiones sobre la agricultura de regadío en los Monegros (Aragón) (*)

SAIDA ELFKIH (**)

JULIO SÁNCHEZ CHÓLIZ (**)

1. INTRODUCCIÓN

La Política Agraria Común (PAC) ha sufrido una serie de reformas a lo largo de los años, que buscaban adaptarla a los cambios de la agricultura europea y a las exigencias del mercado. En un primer momento, la PAC trató de alcanzar los objetivos del artículo 39 del Tratado de Roma (incrementar la productividad, asegurar un nivel de vida equitativo a los trabajadores del campo y garantizar los abastecimientos a precios razonables), pero ello generó desequilibrios cuantitativos importantes. Para resolverlos la PAC emprendió, con las reformas de 1992, una nueva dirección basada en la disminución de los precios garantizados y la concesión de ayudas compensatorias (CE, 1992). Posteriormente, la Agenda 2000 tuvo por objeto profundizar y ampliar esta última dirección, sustituyendo las medidas de apoyo a los precios por ayudas directas y acompañando este proceso con la política de crear estructuras rurales coherentes y más comprometidas con el medio ambiente (CE, 2000). Esto refleja la madurez del compromiso de la Unión Europea con el medio ambiente; en este sentido cabe señalar que paralelamente, a la Agenda 2000, surgió la llamada Directiva Marco de Agua (DMA), que desarrolló una

(*) Agradecemos al Dr. Carlos Romero (Universidad Politécnica de Madrid) sus valiosos comentarios para desarrollar la validación del modelo y a la Dra. María Luisa Feijoo por su contribución al desarrollo de la primera parte del trabajo.

(**) Departamento de Análisis Económico. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Zaragoza.

política común en materia de agua, donde se considera que «el agua no es un producto comercial como cualquier otro, sino que constituye un patrimonio», «que debe ser protegido». Para avanzar en esa línea, uno de los criterios que establece la DMA es que el precio a pagar por el agua (de regadío) debe ser suficiente para recuperar las inversiones realizadas y compensar los posibles daños medioambientales.

La Unión Europea (UE) en estos momentos continúa en esta línea, apoyando un desarrollo sostenible donde se tengan en cuenta tanto las cuestiones económicas como las sociales y medioambientales. Por ello, la nueva PAC tiene por objetivos: una mayor orientación hacia el mercado y la competitividad, la salubridad y calidad alimentaria, la estabilización de las rentas agrarias, la integración de los problemas medioambientales en la política agrícola y la revitalización de las zonas rurales, buscando además la simplificación de los procesos y una mayor descentralización. Todos estos objetivos vienen reflejados en las propuestas que se han aprobado en el Reglamento 1782/2003 (CE) de 29 de septiembre de 2003. Lo más destacado de esta última reforma es el desacoplamiento de las ayudas o «régimen de pago único».

El pago único consiste en una ayuda por explotación desconectada de la producción presente (desacoplada), vinculándose la cuantía de ésta al tipo y nivel de producción realizadas en el pasado (el período de referencia corresponde a los años 2000, 2001 y 2002), y exigiéndose una serie de requisitos medioambientales: las buenas prácticas agrarias. En consecuencia, el cobro de las ayudas sólo es posible para aquellos que ejercen ahora la actividad agraria y que solicitaron la ayuda en años anteriores (CE, 2003).

El desacoplamiento supone el cambio del régimen de pago vigente desde el 1992 hasta ahora. Los Estados miembros aplicaron el desacoplamiento desde el 1 de enero del 2005, no obstante, aquellos Estados que necesitan un período transitorio debido a condiciones agrícolas específicas, pueden aplicar el desacoplamiento a partir del 1 de enero del 2006. En Aragón se pretende ponerlo en marcha a partir del 2006. Además el Consejo de Ministros de Agricultura de la UE ha aprobado un desacoplamiento parcial, como venía propugnando España. Esto reduce el riesgo de abandono de las producciones agrícolas, objetivo prioritario de España a lo largo de todo el proceso negociador.

El sector de los cultivos herbáceos es uno de los más afectados por la PAC y sus reformas. Por ello, los agricultores españoles, a la hora de

cultivarlos, tienen en gran consideración los pagos PAC y los requisitos para obtenerlos. Sin duda, una reforma tan importante tendrá un impacto muy grande sobre la asignación de estos cultivos y, por supuesto, consecuencias económicas, sociales y ambientales, afectando al sistema productivo en general. Con relación al sector de los cultivos herbáceos, la nueva reforma consiste esencialmente en cambiar el régimen de pago, pasando de un régimen de pago por superficie a un régimen de pago único, parcialmente desacoplado en la mayoría de los casos, y manteniendo los precios y pagos por tonelada fijados en la Agenda 2000. Las condiciones del desacoplamiento a aplicar son las que siguen:

1. *Cultivos herbáceos y Retirada voluntaria*, el desacoplamiento parcial afectará al 75 por ciento de la ayuda. El 25 por ciento restante permanece acoplado, es decir, conectado a la producción.
2. *El arroz*, recibirá una ayuda específica por ha, y la ayuda directa a este cultivo queda totalmente desacoplada, es decir, un desacoplamiento total (100 por cien).
3. *Retirada obligatoria*, el desacoplamiento en este caso es total (100 por cien).

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Los objetivos de este estudio son principalmente dos: el primero describir el proceso de toma de decisión de los agricultores, y el segundo estudiar el impacto económico, social y ambiental de los sistemas de pagos PAC sobre la toma de decisión de los agricultores. Los agricultores suelen decidir sus planes de cultivos partiendo de su propia experiencia, o de la de otros agricultores, y con sus decisiones buscan satisfacer una serie de objetivos, que intentan optimizar conjuntamente, y que responden a sus aspiraciones individuales.

El comportamiento del agricultor debe verse como un sistema complejo, donde el agricultor está en permanente interacción con su entorno socioeconómico y físico. Por eso, además de la maximización del beneficio, el agricultor a la hora de tomar sus decisiones tiene en mente una serie de consideraciones relacionadas con su entorno económico, social, cultural y ambiental, tales como la minimización de la mano de obra, la eficiencia en el uso de agua, la aversión al riesgo, etc. Aparte de estos objetivos que tiene en consideración el agricultor, hay que recordar también que este proceso decisonal viene afectado por una serie de limitaciones o restricciones, que pueden ser de orden agronómico, de tipo económico (disponibilidad de recursos) o de orden político.

En conclusión, la toma de decisión sobre la asignación de cultivos se rige por la optimización conjunta de una serie de objetivos, sujeta a un conjunto de restricciones. Para reflejar este proceso de un modo sencillo, hemos construido un modelo de programación lineal multicriterio. En este modelo distinguimos, en primer lugar, las funciones objetivo y, en segundo lugar, las restricciones. Además de la descripción del comportamiento de los agricultores, el modelo tiene como finalidad la simulación de la respuesta de los agricultores, ante distintos escenarios de política agraria, y la simulación del impacto económico, social y ambiental de cada uno de ellos sobre la agricultura del área de estudio, la comarca de los Monegros. En esta línea, se estudian algunos aspectos de las propuestas de la nueva PAC, que han sido aprobadas en el Reglamento 1782/2003 (CE) de 29 de septiembre de 2003. En concreto, el cambio del régimen de pago con el desacoplamiento de las ayudas o pago único y la previsible caída de los precios, como resultado de la apertura a los mercados internacionales.

3. METODOLOGÍA DECISIONAL MULTICRITERIO Y ESCENARIOS

Tal y como ya se ha mencionado, nuestro objetivo fundamental es, en primer lugar, la descripción del proceso de toma de decisión de los agricultores y, en segundo lugar, estudiar el impacto de la PAC sobre este proceso. Para cumplir el primer objetivo del trabajo, se ha optado por la realización de simulaciones a través de un modelo de programación matemática, desarrollado dentro del paradigma de la Decisión Multicriterio. Para cumplir con el segundo objetivo, se han elaborado escenarios sobre el futuro de la PAC. La simulación de los distintos escenarios nos permite observar la dirección y magnitud de los impactos esperables.

3.1. Metodología decisional multicriterio y método NISE

«El paradigma decisional multicriterio sustenta que los agentes económicos no optimizan sus decisiones en base a un sólo objetivo, sino, por el contrario, pretenden buscar un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos usualmente en conflicto» (Romero, 1993). Numerosos autores han utilizado las técnicas de programación multicriterio en diferentes casos y diferentes problemas de la agricultura, Alarcón (1994) utiliza un método multiobjetivo para evaluar la transformación en regadío en el Plan de Tierra de Campos. Judez *et al.* (1996) construyen una serie de modelos de programación lineal para distintos tipos de explotaciones representativas,

con el fin de analizar los efectos de la PAC sobre las explotaciones cerealistas de la cuenca de Pamplona. Zekri y Romero (1992), mediante un método multicriterio por metas, determinaron la situación del regadío en el municipio de Tauste.

Para nuestro análisis utilizaremos el método NISE (Non Inferior Set Estimation), que se deriva de la programación multiobjetivo. Este método ha sido propuesto por Cohon *et al.* (1979), permitiendo una buena aproximación al conjunto eficiente o frontera productiva cuando se trata de un problema de optimización con dos objetivos. Posteriormente Balanchaldran y Gero (1985) extendieron el método NISE a tres objetivos, aunque, en este caso, el método pierde parte de su potencial por la complejidad de los cálculos (Romero, 1993)

En este estudio se intenta optimizar dos objetivos: margen bruto y consumo de agua, y como consecuencia el problema a optimizar será:

$$\text{Max } [W_1 f_1(x) + W_2 f_2(x)]$$

sujeto a:

$$x \in F$$

donde:

$f_1(x)$ = Expresión matemática del objetivo número uno

$f_2(x)$ = Expresión matemática del objetivo número dos

x = Vector de variables de decisión

F = Conjunto de restricciones

W_1 y W_2 son los pesos asignados a cada uno de los dos objetivos

Las ponderaciones en el caso del método NISE no representan exactamente los pesos que atribuyen los agricultores a cada uno de los objetivos, aunque son buenas aproximaciones de las relaciones de sustitución entre ambos, por ello es cómodo verlas como un mecanismo formal para generar los puntos eficientes de la frontera productiva. Usando este método se obtiene de manera fácil y rápida, a través de un proceso iterativo, una buena aproximación del conjunto eficiente. Para problemas como el que se resuelve en este trabajo, incluso se puede generar una representación muy precisa de éste.

El método tiene las tres fases siguientes:

Primera fase

Construcción de una Matriz de Pagos, para los dos objetivos f_1 y f_2 .

MATRIZ DE PAGOS

Funciones objetivo	Valores de f_1	Valores de f_2
f_1	f_{11}	f_{21}
f_2	f_{12}	f_{22}

f_{11} y f_{21} son los valores que toman respectivamente f_1 y f_2 en el problema anterior cuando $W_1 = 1$ y $W_2 = 0$, esto es cuando optimizamos únicamente f_1 bajo las restricciones del problema. Similarmente, f_{12} y f_{22} son los valores que toman respectivamente f_1 y f_2 al optimizar f_2 bajo el supuesto de $W_1 = 0$ y $W_2 = 1$. En otras palabras, f_{1i} y f_{2i} son los valores que toman las funciones objetivo cuando sólo optimizamos el objetivo i .

Segunda fase

La segunda fase corresponde al cálculo del cociente de los pesos W_1 y W_2 , ponderaciones que toma cada uno de los dos objetivos f_1 y f_2 respectivamente. Este cociente corresponde a la pendiente de la recta que une los dos puntos A (f_{21} , f_{11}) y B (f_{22} , f_{12}).

$$W_1 / W_2 = (f_{21} - f_{22}) / (f_{11} - f_{12})$$

Conocido el valor del cociente entre los dos pesos, se toma por comodidad como valor de W_1 el valor del cociente y de W_2 la unidad. Notemos que los puntos A y B son dos puntos de la frontera productiva, los puntos eficientes correspondientes a las dos situaciones límites (preferencia total por el margen bruto y preferencia completa por el ahorro de agua). Por ello, el segmento que los une es una primera aproximación lineal al conjunto de puntos eficientes o frontera.

Tercera fase

Esta fase corresponde al proceso iterativo y busca mejorar la aproximación lineal anterior. Con los pesos asociados a los puntos A y B resolvemos el problema de optimización y obtenemos otro punto C (f_{23} , f_{13}), que es también un punto eficiente. Este punto se une con los dos anteriores, con lo cual se obtienen dos segmentos y sus correspondientes pendientes. Estos segmentos son una aproximación mejor del conjunto eficiente. Para cada uno de los segmentos se repite el proceso, lo que genera nuevos puntos eficientes y una nueva mejora de la aproximación. Finalizamos el proceso de iteraciones

cuando obtenemos una aproximación suficiente para nuestros objetivos. Tras ello, sólo queda calibrar el modelo, a través de la selección del punto que mejor se ajuste a las condiciones reales (punto de mejor compromiso).

3.2. Modelo base y escenarios

El modelo base para la zona de estudio, los Monegros, se ha construido para el año 2000, año para el cual hemos podido recopilar todos los datos necesarios (ver Anexo 1). Los datos permiten elegir el punto de mejor compromiso y, por tanto, obtener los valores W_1 y W_2 y calibrar el modelo. Los escenarios se construyen modificando alguno de los elementos del modelo base. La simulación nos permite el análisis de la respuesta del modelo a los distintos escenarios, de forma que se predicen los efectos de los cambios de la PAC. Por otra parte, pretendemos comparar también los tres sistemas de pagos de la PAC: pago por superficie y los regímenes de pago único con desacoplamiento total y parcial, viendo sus impactos económicos, sociales y ambientales.

Los escenarios planteados son los siguientes:

- **Escenario de referencia o Escenario 2002:** Se obtiene del modelo base aplicando los importes de las ayudas PAC, así como los precios correspondientes al año 2002. Los pagos PAC en este caso corresponden a la aplicación total de la Agenda 2000 (cuya aplicación se hizo en tres fases durante el período 2000-2002). Este escenario será la referencia para valorar todos los cambios de los demás escenarios, que nos informarán, en consecuencia, de los impactos de la PAC en relación con la situación del 2002. Con respecto al modelo base, el escenario incorpora tres cambios: iguala el importe de ayudas por t de los cereales, girasol y retirada a 63 euros/t, cambia los rendimientos históricos o de referencia (ver Cuadro 1) y, por último, aplica los precios referentes al año 2002 para los distintos cultivos (ver Anexo 2).
- **Escenario 1:** *Aplicación de los pagos PAC aprobados en el Reglamento 1782/2003 (CE) de 29 de septiembre de 2003, sistema de pago por superficie.* Concretamente consiste en una bajada del precio del arroz acompañada de una subida del importe de su ayuda con respecto a los de la Agenda 2000. En este escenario se aplica el sistema de ayudas por superficie. Recordemos que este sistema consiste en cuantificar el importe de la ayuda por hectárea usando datos históricos de rendimientos.

- **Escenario 2:** *Aplicación de un régimen de pago único con un desacoplamiento total en todos los cultivos y en la retirada.* En este escenario se utilizan los mismos precios y los mismos importes de ayuda usados en el escenario 1, aplicando el régimen de pago único con un desacoplamiento total. Este escenario consiste concretamente en la optimización del margen bruto, al no tener en cuenta los importes de las ayudas directas. En el caso del arroz se incluye la ayuda específica en el cálculo del margen bruto. Después de optimizar el modelo, se añade el total de las subvenciones recibidas al margen bruto encontrado. Estas subvenciones son los importes de ayudas por hectárea, fijados en el Reglamento 1782/2003 y usados en el escenario 1, multiplicados por las superficies de los cultivos y de retirada del escenario 1. En cuanto al arroz, este importe es la diferencia entre el importe recibido en el escenario 1 y el importe vinculado a la superficie (ayuda específica).
- **Escenario 3:** *Aplicación del régimen de pago único con un desacoplamiento parcial en el caso de algunos cultivos.* Después de la polémica provocada por la aplicación del desacoplamiento total y los temores de abandono a las tierras, se ha aprobado la aplicación de un desacoplamiento parcial en la mayoría de los cultivos. En este escenario se aplicarán los porcentajes de desacoplamiento que se pretenden aplicar en un futuro próximo, los porcentajes son los siguientes:
 - Desacoplamiento del 75 por ciento de las ayudas en el maíz, cebada, trigo blando y girasol.
 - Desacoplamiento total (100 por cien) en los casos de la retirada (2) y del arroz (sin dejar de asignar el importe de ayuda específica por ha) .
- **Escenario 4:** *Variaciones de los precios (bajada del 10 por ciento y del 30 por ciento en el escenario 3, excepto el arroz, que mantiene el precio; en el escenario 3 se ha supuesto ya una bajada del 50 por ciento.).* La bajada de precios afectarán a la mayoría de los cultivos, ya que suponemos que son debidas a fluctuaciones normales del mercado y queremos ver cómo afecta una posible caída generalizada de los precios internacionales. En este escenario tendremos 2 subescenarios, 4a y 4b, uno para cada supuesto de variación de precios.

(2) En el caso de la retirada, en la realidad se aplicará un desacoplamiento total en el caso de la retirada obligatoria y un desacoplamiento parcial en el caso de la retirada voluntaria, en este escenario no tendremos en consideración el desacoplamiento parcial de la retirada voluntaria, puesto que en el modelo no se diferencia entre las dos variables.

En el cuadro 1 se resumen los distintos escenarios: régimen de pago, importes de ayudas por t, rendimientos históricos de referencia y precios de los cultivos.

Cuadro 1

RECAPITULACIÓN DEL ESCENARIO 2002 Y DE LOS ESCENARIOS 1, 2, 3, 4A Y 4B

Escenarios	Escenario 2002	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4a	Escenario 4b
Régimen de pago	Por superficie	Por superficie	Pago único, desacoplamiento total	Pago único, desacoplamiento parcial	Pago único, desacoplamiento parcial	Pago único, desacoplamiento parcial
Ayudas directas (€/t)			Importe Total desacoplado	Importe Total desacoplado	Importe Total desacoplado	Importe Total desacoplado
Cebada	63,00	63,00	63,00 63,00	47,25 63,00	47,25 6300	47,25 63,00
Trigo blando	63,00	63,00	63,00 63,00	47,25 63,00	47,25 63,00	47,25 63,00
Maíz	63,00	63,00	63,00 63,00	47,25 63,00	47,25 63,00	47,25 63,00
Girasol	63,00	63,00	63,00 63,00	47,25 63,00	47,25 63,00	47,25 63,00
Arroz (€/ha)	334,50	1.124,00	647,75 1.124,00	647,75 1.124,00	647,75 1.124,00	647,75 1.124,00
Allalía	0,00	0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00
Retirada	63,00	63,00	63,00 63,00	63,00 63,00	63,00 63,00	63,00 63,00
Rdto histórico de referencia (t/ha)						
Cebada + Girasol + Trigo blando	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Maíz	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Retirada	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Precios y variaciones	Año 2002	los mismos, salvo el arroz, -50%	los mismos, salvo el arroz, -50%	los mismos, salvo el arroz, -50%	Caída de precios del 10% Arroz, -50%	Caída de precios del 30% Arroz, -50%
Retirada obligatoria	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Fuente: Elaboración propia a partir de CE (2000, 2003) y MAPA 2001.

4. CASO DE ESTUDIO

4.1. Área de estudio

4.1.1. Ubicación

El área de estudio corresponde a diez municipios (Alberuela de Tubo, Almuniente, Barbués, Capdesaso, Castelflorite, Grañen, Lalueza, Poleñino, Sariñena, Torres de Barbués) de la comarca de los Monegros;

comarca de la comunidad de Aragón (España). Estos municipios corresponden al área con mayor intensidad de regadío de los Monegros, en todos ellos superior al 75 por ciento del área cultivada.

4.1.2. Medio físico y agricultura

El área de estudio se caracteriza por un clima muy riguroso, con altas temperaturas y bajas precipitaciones. Estas características del clima, junto a la planitud del terreno, han puesto de manifiesto la necesidad y al mismo tiempo la importancia de una agricultura de regadío. La puesta en regadío en el área de estudio se inició en los años cincuenta con los planes de regadío del Alto Aragón, y a lo largo del tiempo se ha convertido en el área con más intensidad de regadío de la comarca de los Monegros.

La actividad agraria ha sido y sigue siendo el recurso económico básico de la zona, la riqueza agraria se deriva, por una parte, de la larga tradición cerealista de la zona y, por otra, de la existencia del regadío. La superficie regable en el área de estudio es casi el 60 por ciento del regadío de la comarca de los Monegros y representa el 8,8 por ciento del total de superficie regada de Aragón. Los cultivos más importantes son los cultivos herbáceos, con un porcentaje de 98,23 por ciento la superficie cultivada, el resto de la superficie es destinada a cultivos leñosos. De los cultivos herbáceos los más relevantes son los cereales: trigo, cebada, maíz y arroz. Además de los cereales, el girasol tiene una gran relevancia, y de los cultivos forrajeros destaca la alfalfa. Los cuatro cultivos herbáceos y la alfalfa suponen el 79,14 por ciento del regadío y el 72,44 por ciento del total de superficie cultivada. En el Cuadro 2 puede verse la estructura de cultivos de la zona.

4.2. Elaboración del modelo

El proceso de construcción del modelo se resume en tres fases:

- Definición de las variables
- Formulación de las funciones objetivo
- Formulación de las restricciones

4.2.1. Variables de decisión

Las variables de decisión corresponden a las superficies correspondientes a los cultivos herbáceos del área, así como a la retirada de tierra (ver cuadro 3).

Cuadro 2

DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO (EN HA), AÑO 2000

Cultivos	Secano	Regadío	Total
Trigo blando	159	2.959	3.118
Cebada	2.127	3.962	6.089
Maíz	1	11.073	11.074
Arroz	0	3.031	3.031
Girasol	69	1.852	1.921
Alfalfa	19	11.518	11.537
Barbecho	1.923	0	1.923
Retirada, obligatoria	503	2.632	3.135
Retirada voluntaria	327	1.470	1.797
Otros cultivos herbáceos	1.410	2.226	3.636
Total herbáceos	6.538	40.723	47.261
Cultivos leñosos	477	372	849
Total cultivos	7.015	41.095	48.110

Fuente: Elaboración propia a partir de <http://portal.aragob.es/index.html>

Cuadro 3

VARIABLES DE DECISIÓN DEL MODELO

Cultivos	Variables
Alfalfa	X ₁
Arroz	X ₂
Cebada	X ₃
Girasol	X ₄
Maíz	X ₅
Trigo blando	X ₆
Retirada	X ₇

4.2.2. Objetivos

Los objetivos que se plantean responden a aspiraciones que el agricultor intenta satisfacer. En el caso de la agricultura de regadío, los primeros objetivos que los agricultores tienen en consideración, a la hora de tomar sus decisiones sobre el plan de cultivos, son la maximización del beneficio como objetivo económico, que define cualquier comportamiento racional, y el uso eficiente del agua como recurso escaso. Esto nos llevó a tomar como objetivos en este estudio la maximización del margen bruto y la minimización del consumo de agua.

Maximización del margen bruto: $MB = \sum MB_i * X_i$

Minimización del consumo de agua: $CA = \sum CA_i * X_i$

siendo MB_i el margen bruto por hectárea en la actividad i , CA_i el consumo de agua por hectárea en el cultivo i y X_i es la superficie en hectáreas por actividad. Los datos básicos son recogidos en el cuadro 4.

Cuadro 4

COEFICIENTES DEL MARGEN BRUTO (EUROS/HA) Y NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO (NR_b) (m^3/ha)

Actividades	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
MB	717,6	1.002,7	347,42	369,32	1083,31	364,05	283,46
NR_b	8.820	11.270	2.730	6.470	7.370	3.220	(***)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA (2001) y Martínez Cob *et al.* (1998).

4.2.3. Las restricciones

Las restricciones de orden agronómico, disponibilidad de recursos y de orden político, son las siguientes:

- *Restricción de ocupación de superficie.* Se pretende usar la superficie total cultivada a fin de generar un uso óptimo de la tierra disponible para estos cultivos, la restricción se introduce mediante la ecuación:

$$\sum X_i = b$$

siendo X_i la superficie dedicada a la actividad i y b la superficie disponible (3), que corresponde a la superficie actualmente cultivada o retirada.

- *Restricciones de disponibilidad de mano de obra.* Esta restricción la introducimos en el modelo mediante la siguiente relación:

$$\sum MO_i * X_i \leq MO_d$$

siendo MO_i la necesidad de mano de obra del cultivo i y MO_d el nivel actual de trabajo utilizado, que no pretendemos superar. En cierta manera es la disponibilidad posible de mano de obra.

Esto se completa en el modelo con otras cuatro restricciones complementarias, que corresponden a la disponibilidad de mano de

(3) Superficies del cuadro 2.

obra en los meses donde la necesidad de ésta es alta, estos meses son: julio, agosto, septiembre y octubre (4).

- *Restricciones agronómicas.* Las restricciones agronómicas que se consideran en este estudio son restricciones de sucesión o rotación de cultivos y restricciones de frecuencia. Agronómicamente es desaconsejable que un cultivo se suceda a sí mismo, ya que esto aumenta los riesgos de aparición de plagas y malas hierbas, o bien provoca el agotamiento del suelo. Estas limitaciones se suelen introducir en los programas matemáticos mediante las restricciones de sucesión de cultivos. Las restricciones de frecuencia son debidas al descanso necesario del terreno antes de volver a sembrar el mismo cultivo.
- La sucesión de cultivos se introduce en el modelo mediante la fórmula siguiente:

$$X_i \leq \sum X_j$$

siendo X_i la superficie del cultivo i y X_j la superficie de los cultivos que pueden suceder al cultivo i .

- La restricción de frecuencia se introduce en el modelo mediante la fórmula siguiente:

$$X_i \leq (m/(m+n)) b$$

siendo:

m : el número de los años que ocupa el terreno el cultivo i (1, excepto para la alfalfa que es 5),

n : es el número de años de descanso del cultivo que necesita el terreno (1, excepto la alfalfa 4),

b : es la superficie disponible que corresponde a la superficie total menos la superficie de los cultivos que se mantienen en la parcela, es decir, el arroz y 4/5 de la alfalfa.

- *Restricciones relacionadas con la PAC.* La PAC otorga ayudas a los agricultores que cumplen los requisitos para tal concesión. Estos requisitos se han introducido mediante las restricciones de retirada, que se introducen en el modelo mediante la fórmula siguiente:

$$X_i * I_o \leq X_r \leq X_i * (I_o + I_v)$$

(4) Las necesidades de mano de obra se han elaborado a partir de datos del trabajo de Mema, 1998, y datos del MAPA 2001.

Siendo X_r la superficie que se retira, X_i la superficie de cultivos herbáceos que reciben subvenciones, I_o el porcentaje de la retirada obligatoria e I_v el porcentaje de la retirada voluntaria. La retirada obligatoria se ha establecido en el 10 por ciento entre 2000-2006. En cuanto a la retirada voluntaria, y que varía dependiendo principalmente de las condiciones climáticas de cada campaña, ha sido establecida en el 5 por ciento en el año 2000 en la zona de estudio.

- *Identidad relativa al uso de nitrato.* En esta parte sólo se trata de introducir el uso de nitrato como identidad contable, para estudiar la variación en su uso en los distintos escenarios que se van a simular.

$$N = \sum N_i * X_i$$

Siendo N_i la necesidad en nitrato (aportación bruta) por hectárea de cultivo i , X_i la superficie de cada cultivo y N el consumo total de nitrato. Las necesidades de nitrato se obtienen a partir de datos del MAPA, 2001.

5. RESULTADOS

5.1. Validación del modelo

La validación del modelo es clave para asegurar la calidad de los resultados obtenidos del mismo. El procedimiento seguido ha sido comparar la situación real (datos del año 2000 de la zona de estudio), con las soluciones eficientes (frontera productiva) obtenidas con el modelo. Este tipo de comparación, en la práctica, es el procedimiento más común para validar este tipo de modelos (Qureshi *et al*, 1999).

5.1.1. Matriz de pagos

Una vez obtenido el modelo, que incorpora las funciones objetivos fijadas (margen bruto y consumo de agua) y las distintas restricciones, se sigue la metodología establecida en el apartado 3.1. El primer resultado es la siguiente matriz de pagos:

Cuadro 5

MATRIZ DE PAGOS

	MB (euros)	CA (m ³)
Max. MB	28.271.566	274.962.496
Min. CA	13.294.719	98.167.352

Fuente: Elaboración propia.

Con esta matriz de pagos se puede cuantificar el nivel de conflicto existente entre los objetivos fijados. En este caso el conflicto es evidente. En efecto, el máximo margen bruto es sólo compatible con un consumo de agua casi tres veces superior al correspondiente a la situación de máximo ahorro de agua. Por otro lado, el consumo de agua mínimo lleva a un margen bruto de tan solo el 47 por ciento del máximo alcanzable.

5.1.2. Conjunto eficiente

Con el método NISE es fácil generar suficientes puntos extremos eficientes. En el cuadro 6 se detallan los valores, de las funciones objetivo y de las variables de decisión, correspondientes a un conjunto de 10 soluciones eficientes obtenidas con el modelo y que son suficientes para nuestro análisis. El conjunto eficiente o frontera productiva, que definen gradualmente los puntos que vamos obteniendo, puede ser interpretada económicamente como la curva de transformación (o de intercambio) de un objetivo en términos de otro. La aproximación obtenida con los 10 puntos eficientes calculados puede verse en el gráfico 1. Las pendientes de la frontera representan las tasas de intercambio o costes de oportunidad entre margen bruto y agua (ver Romero, 1993).

Cuadro 6

CARACTERÍSTICAS DE LAS 10 SOLUCIONES EFICIENTES

Objetivos	Soluciones extremos eficientes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MB (euros)	13.294.719	25.161.584	25.542.036	26.413.694	26.670.160	27.610.168	27.721.344	27.784.884	28.023.560	28.271.566
CA (m ³)	98.167.352	166.637.008	171.080.672	189.949.632	197.506.352	237.784.352	243.546.560	246.869.952	259.401.184	274.962.496
Variables de decisión (nº hectáreas)										
Alfalfa	0	0	0	0	0	9.911	11.870	11.589	8.323	3.422
Arroz	0	0	0	3.034	3.034	2.185	2.018	2.345	4.246	7.099
Cebada	16.499	16.499	16.939	15.422	0	0	4.486	4.417	0	0
Girasol	0	0	0	0	0	0	0	805	5.098	11.541
Maíz	0	16.499	16.939	15.422	15.422	12.476	11.894	11.826	11.986	12.226
Trigo blando	16.499	0	0	0	15.422	10.494	5.034	4.286	5.223	0
Retirada	5.500	5.500	4.620	4.620	4.620	3.430	3.195	3.229	3.620	4.209
Total superficie	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497

Fuente: Elaboración propia.

COMPARACIÓN DE LAS 10 SOLUCIONES EFICIENTES OBTENIDAS CON LOS OBSERVADOS DEL AÑO 2000

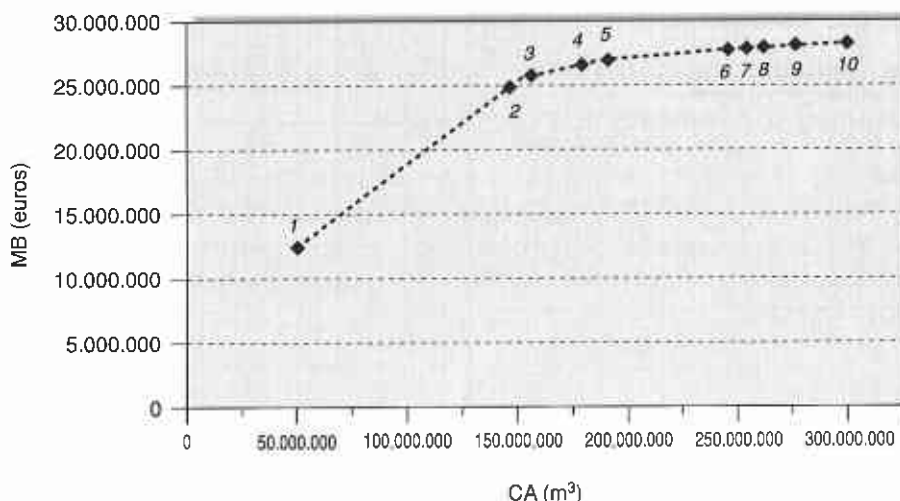
Objetivos	Observados	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5	
		Valor	Desviación %	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %
MB (€)	27.598.541	13.294.719	-51,83	25.161.584	-8,83	25.542.036	-7,45	26.413.694	-4,29	26.670.160	-3,36
CA (m ³)	249.682.820	98.167.352	-60,68	166.637.008	-33,26	171.080.672	-31,48	189.949.632	-23,92	97.506.352	-60,95
Variables de decisión											
Alfalfa	11.518	0	-11,518	0	-11,518	0	-11,518	0	-11,518	0	-11,518
Arroz	3.031	0	-3,031	0	-3,031	0	-3,031	3	3.034	3	
Cebada	3.962	16.499	12,537	16.499	12,537	16.939	12,977	15.422	11,460	0	-3,962
Girasol	1.852	0	-1,852	0	-1,852	0	-1,852	0	-1,852	0	-1,852
Maíz	11.073	0	-11,073	16.499	5,426	16.939	5,866	15.422	4,349	15.422	4,349
Trigo blando	2.959	16.499	13,540	0	-2,959	0	-2,959	0	-2,959	0	-2,959
Retirada	4.102	5.500	1,398	5.500	1,398	4.620	518	4.620	518	4.620	518
Total	38.497	38.497	0	38.497	0	38.497	0	38.497	0	38.497	0

Objetivos	Solución 6		Solución 7		Solución 8		Solución 9		Solución 10	
	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %	Valor	Desviación %
MB (€)	27.610.166	0,04	27.721.344	0,44	27.784.884	0,68	28.023.560	1,54	28.271.566	2,44
CA (m ³)	237.784.352	-4,77	243.546.560	-2,46	246.869.952	-1,13	259.401.184	3,89	274.962.496	10,12
Variables de decisión										
Alfalfa	9.911	-1,607	11.870	352	11.589	71	8.323	-3,195	3.422	-8,096
Arroz	2.185	-846	2.018	-1,013	2.345	-686	4.246	1,215	7.099	4,068
Cebada	0	-3,962	4.486	524	4.417	455	0	-3,962	0	-3,962
Girasol	0	-1,852	0	-1,852	805	-1,047	5.098	3,246	11.541	9,689
Maíz	12.476	1,403	11.894	821	11.826	753	11.986	913	12.226	1,153
Trigo blando	10.494	7,535	5.034	2,075	4.286	1,327	5.224	2,265	0	-2,959
Retirada	3.430	-672	3.195	-907	3.229	-873	3.620	-482	4.209	107
Total	38.497	0	38.497	0	38.497	0	38.497	0	38.497	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1

Aproximación de la curva frontera o de trade-offs entre margen bruto y consumo de agua. Año 2000



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 1 se puede ver que la tasa de intercambio (consumo de agua/margen bruto) entre el punto 1 y el punto 2 está alrededor de 5,77; indica que para incrementar el margen bruto en una unidad se necesita aumentar el consumo de agua 5,77 m³. Por el contrario, entre los puntos 2 y 10, para incrementar el margen bruto en una unidad se necesita aumentar el consumo de agua aproximadamente en 34,83 m³. Otra forma de ver esto es fijarnos en la productividad del agua, entre el punto 1 y 2 se obtienen aproximadamente 0,17 € por m³, mientras se logran 0,03 € por m³ aproximadamente entre los puntos 2 y 10.

5.1.3. Punto de mejor compromiso

Después de haber conseguido una buena aproximación del conjunto frontera de puntos eficientes, para validar el modelo, es imprescindible comparar las soluciones obtenidas con los datos observados. En el cuadro 7 presentamos una comparación entre los distintos puntos eficientes obtenidos con los datos observados del año 2000. Para determinar el punto de mejor compromiso se calculan dos índices de proximidad, que están definidos ambos con la fórmula siguiente:

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{(\text{Valor observado} - \text{Valor predicho})}{\text{Valor observado}} \right]}{n} \times 100$$

siendo:

IP: Índice de proximidad.

n: Número de variables en consideración.

El primer índice IP_1 nos mide la proximidad en el espacio de los objetivos, el segundo IP_2 en el espacio de las variables de decisión. En el cuadro 8 se recoge la información sobre ambos índices, y en el gráfico 2 puede verse la proximidad entre los puntos eficientes y las condiciones reales.

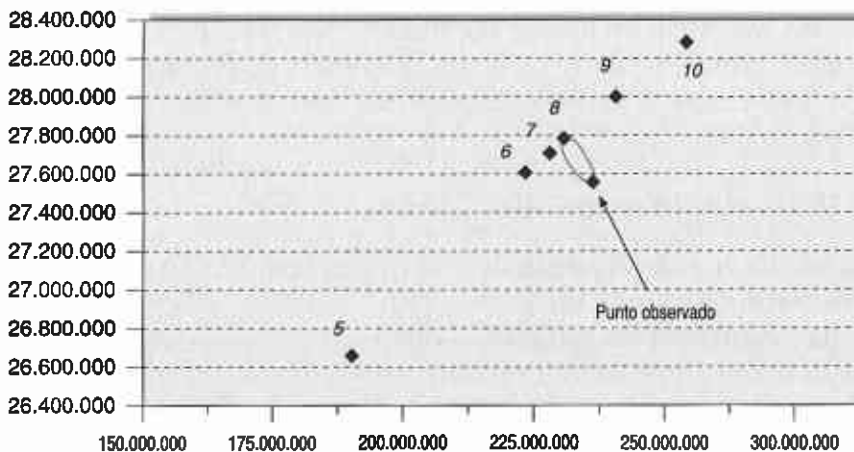
Cuadro 8

ÍNDICES DE PROXIMIDAD

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IP_1	-56,26	-21,05	-19,47	-14,11	-12,13	-2,36	-1,01	-0,45	2,72	6,28
IP_2	58,30	-0,07	-0,98	5,89	24,74	1,30	-8,82	-5,24	22,96	57,16

Gráfico 2

Comparación de los puntos eficientes y de la solución real en el espacio de los objetivos



Fuente: Elaboración propia.

A partir principalmente del cuadro 7 y 8 y del gráfico 2, se ha elegido el punto 8 como solución de mejor compromiso. El punto 8 presenta datos muy parecidos a los observados. Esta decisión permite calibrar el modelo, obteniendo los W_1 y W_2 que miden el valor subjetivo, que para los agricultores de la zona, tiene el agua y el margen bruto. La gran proximidad del punto 8 a la situación real nos revela que la metodología desarrollada es una excelente aproximación a los hechos reales, probando además que en la zona de estudio nos encontramos frente a una asignación casi eficiente de cultivos para las ponderaciones entre margen bruto y agua asociadas con el punto 8.

5.2. Simulación de los escenarios y discusión de los resultados

En los escenarios los resultados se obtienen de la siguiente manera: Tenemos calibrado el modelo para el punto 8, lo que supone que conocemos W_1 , W_2 y los demás parámetros del modelo. En él cambiamos los datos correspondientes al escenario y optimizamos la función $W_1f_1 + W_2f_2$, lo que nos lleva a una solución óptima que nos da la información del escenario.

5.2.1. Asignación de cultivos

En el cuadro número 9 se constata que lo que altera la estructura de cultivos son el desacoplamiento de las ayudas y la caída fuerte de los precios. Aunque cambian las ayudas del arroz, si se mantiene el pago por superficie como se hace en el escenario 1, la estructura de cultivos se mantiene y no se altera. Por el contrario, cuando incorporamos el desacoplamiento, total o del 75 por ciento, son los escenarios 2 y 3, las hectáreas de cada cultivo varían desapareciendo el cultivo del arroz y aumentando la alfalfa, la cebada, el maíz y el trigo blando. El modelo no detecta cambios entre los dos niveles de desacoplamiento. Tampoco lo hace para una reducción de los precios del 10 por ciento, pero sí para una caída del 30 por ciento, con ésta desaparece el trigo blando y se registra una subida del cultivo de arroz, que vuelve a tener un valor económico competitivo con respecto al maíz y a la alfalfa, y, sube la superficie de cebada, que es una buena alternativa como cultivo de invierno.

Lo más destacado es la sensibilidad del cultivo del arroz al desacoplamiento, la caída de precio que ha sufrido este producto no le permite resistir ante un desacoplamiento de la ayuda. Lo contrario le ocurre al resto de los cultivos, sobre todo a la alfalfa y al maíz. El cultivo de alfalfa es de alta rentabilidad y no dependiente de las ayudas PAC, y el maíz es un cultivo de alta rentabilidad y no se esperan caídas en su precio.

Cuadro 9

ASIGNACIÓN DE CULTIVOS (HA) EN LOS ESCENARIOS 1, 2, 3, 4a y 4b

	Superficie					
	Escenario 2002	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4a	Escenario 4b
Alfalfa	11.870	11.870	12.370	12.370	12.370	11.870
Arroz	2.018	2.018	0	0	0	2.018
Cebada	4.486	4.486	5.040	5.040	5.040	9.520
Girasol	0	0	0	0	0	0
Maíz	11.894	11.894	12.733	12.733	12.733	11.894
Trigo blando	5.034	5.034	5.219	5.219	5.219	0
Retirada	3.195	3.195	3.135	3.135	3.135	3.195
Total	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497	38.497

Fuente: Elaboración propia.

Otro hecho destacado es que con el desacoplamiento parcial se conserva el mismo plan óptimo de cultivos que en el caso del desacoplamiento total. Esto indica que el acoplamiento del 25 por ciento de las ayudas no es muy significativo en cuanto a MB/ha y, como consecuencia, no tiene casi influencia en el plan óptimo de cultivos. No obstante, el efecto del desacoplamiento parcial puede verse en el cuadro 10, donde los escenarios 2 y 3 tienen distinto total de margen bruto.

Los escenarios 4 nos dan información sobre los efectos que pueden tener las caídas de precios, producidas por una mayor apertura al mercado internacional. Aparentemente, si las oscilaciones no son muy fuertes, no parece que vaya a alterarse el resultado, el escenario 4a y el 3 son muy semejantes. Sólo una fuerte caída, que no es esperable para todos los productos, podría tener efecto relevante. En otras palabras, la propuesta actual de la PAC se revela efectiva para ayudar a los agricultores afectados en las condiciones de apertura del mercado, al menos en el corto y medio plazo.

5.2.2. Impacto económico: Margen bruto

Uno de los principales objetivos asignados a la PAC consiste en garantizar un nivel de vida digno para la población agrícola, en especial mediante el aumento de la renta individual de los agricultores. Para averiguar si este objetivo se ha cumplido, se evalúan las consecuencias de las reformas de la PAC en la renta agraria mediante los escenarios.

Observando la evolución del margen bruto en los distintos escenarios (cuadro 10), se puede constatar, primero, que el escenario 3, que corresponde a un desacoplamiento parcial de las ayudas, es el escenario que proporciona un mayor incremento en el margen bruto, seguido por el escenario 2, que corresponde a un desacoplamiento total de las ayudas.

También en el mismo cuadro vemos los graves efectos de las caídas en los precios, sobre todo si éstas son fuertes, ya que anulan totalmente las ventajas del desacoplamiento. En verdad, la posibilidad de estas caídas es una espada de Damocles para la reforma de la PAC, si no se proyectan compensaciones para el caso de que ocurran.

Resumiendo, con el cambio del régimen de pago se puede mejorar la renta de los agricultores en nuestra zona de estudio, los Monegros, siendo la mejor opción el desacoplamiento parcial, con la cual el MB crece casi el 2 por ciento respecto al escenario 2002. Esto parece confirmar la corrección de la política española de buscar el desacoplamiento parcial, en lugar del total, para mantener las producciones e indirectamente lograr mayores rentas. No obstante, el riesgo de las caídas de precios no puede olvidarse.

5.2.3. Impacto social: Nivel de empleo

En el cuadro 10 se presenta la evolución del empleo en todos los escenarios estudiados, comparándolos con el nivel de empleo en el modelo de referencia del año 2002. Se puede observar que se registran caídas en la mano de obra en los escenarios 2 y 3 (del orden de 2,66 por ciento). Esto significa que los cambios en la PAC van a afectar al empleo, que caerá algo con el desacoplamiento. Este efecto negativo en el empleo se mantiene en el caso de una moderada caída de precios, como es el caso del escenario 4a, sin embargo, si hay una fuerte caída de precios (escenario 4b), los agricultores optan por cambiar de estrategia y cambia la estructura de cultivos. En este caso los cultivos más rentables, alfalfa, maíz y arroz, son también los más demandantes de mano de obra, y, por ello, la mano de obra vuelve a subir hasta llegar a igualar a la disponibilidad de este factor.

5.2.4. Impacto ambiental

Respetar al medio ambiente y conseguir un desarrollo sostenible son dos de los más importantes objetivos de la nueva PAC. Por ello, en este estudio queremos encontrar la mejor alternativa, que aumente la renta agraria y a la vez produzca mejoras ambientales, mejoras que identificamos con el ahorro en el consumo de agua y la reducción en el uso de nitrato.

5.2.4.1. Consumo de agua

Las sucesivas sequías en los últimos años y los incrementos constantes de la demanda de agua, han puesto claramente de manifiesto la creciente escasez relativa de este recurso. Estas circunstancias han provocado una intensa polémica sobre la eficiencia en el uso de este bien por parte de las explotaciones agrarias, que suponen aproximadamente el 80 por ciento del consumo total nacional (Gómez-Limón *et al.*, 2002). La aparente mala gestión del agua y su despilfarro en los regadíos ha servido de argumento para recomendar el ahorro y menor consumo de este recurso. En esta línea, se pretende, en primer lugar, buscar la combinación de cultivos que reduzca su uso y, en segundo lugar, buscar entre los escenarios el más eficiente en el consumo de agua.

Comparando las cantidades de agua consumidas en los distintos escenarios y en el modelo base, se constata primero que, en el área de estudio, el consumo más bajo coincide con los escenarios 2 y 3, que corresponden con el desacoplamiento de las ayudas (total y parcial). Por el contrario, en el escenario 1 se mantiene el mismo uso que en el escenario de referencia. Frente a una caída de precios, se constata que con una caída moderada no se registra ningún cambio con respecto al escenario 3, aunque con una caída fuerte se aprecia una subida en el consumo con respecto al escenario 3, pero un menor consumo con respecto al escenario del 2002 (cuadro 10).

5.2.4.2. Uso de nitrato

El nitrógeno es uno de los principales contaminantes de las aguas subterráneas. Es conocido que las plantas aprovechan únicamente un 50 por ciento del nitrógeno aportado en el abonado, esto supone que el exceso de nitrógeno se pierde con el agua de riego o lluvia que se filtra al subsuelo, siendo arrastrado hacia los acuíferos, ríos y embalses y contaminando aguas que pueden estar destinadas a consumo humano. De hecho, en muchos trabajos de investigación se ha concluido que el principal factor responsable de la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos es la agricultura.

El exceso de fertilización nitrogenada y su defectuosa aplicación son las causas que más contribuyen a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas. En diversos estudios realizados en España se muestra que la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos afecta a grandes zonas. Las áreas más contaminadas son, en general, aquellas en las que se practica una agricultura intensiva, con altos aportes de fertilizantes y riego.

Del cuadro 9 se constata que el nivel más alto de uso de nitrato se registra en el escenario de pago por superficie. Por el contrario, los niveles más bajos de uso de nitrato se registran en los escenarios de desacoplamiento (2 y 3) y los de caídas de precios aplicados al caso del desacoplamiento parcial (4a y 4b). Podemos por tanto decir, sin ninguna duda, que tanto desde el punto de vista del uso del agua como del nitrato, el desacoplamiento tiene importantes ventajas medioambientales. Las caídas de precios moderadas (escenario 4^a) mantienen los buenos resultados del desacoplamiento, pero en la situación de caídas fuertes, aunque no se vuelve a los del escenario 2002, son peores que las obtenidas con el desacoplamiento.

Como resumen, en el gráfico 3 se recapitulan las distintas desviaciones porcentuales del margen bruto, mano de obra, consumo de agua y nitrato con respecto al escenario 2002. En este gráfico se puede observar claramente la importancia que tiene el desacoplamiento para permitir la mejora de casi todos los objetivos, sobre todo el desacoplamiento parcial que genera mayor margen bruto que el desacoplamiento total. En efecto, en los escenarios 2 y 3, por un lado se registran mayores márgenes brutos que el registrado en el escenario 1 y, por otro lado, menor consumo de agua y menor nivel de contaminación con nitrato. En definitiva, se aprecia que el régimen de pago único, y más el de desacoplamiento parcial, ofrece mejores resultados en la mayoría de los aspectos. El gráfico también muestra que las caídas de precios (escenarios 4a y 4b) tienen fuertes pérdidas en el margen bruto y que, además, si las caídas son fuertes las ventajas medioambientales desaparecen o se reducen.

Cuadro 10

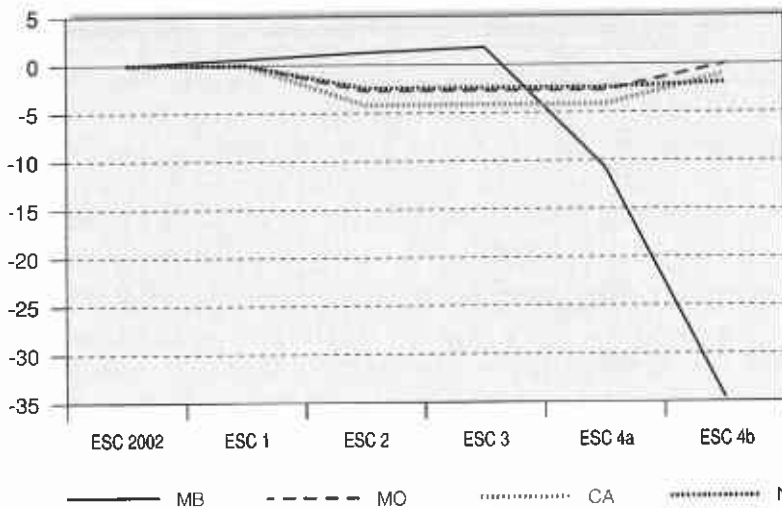
INDICADORES ESTUDIADOS EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS

Variables	Superficie					
	Escenario 2002	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4a	Escenario 4b
MB (€)	33.276.882	33.491.354	33.722.566	33.873.823	29.724.101	21.790.679
Desviación (%)	0,00	0,64	1,34	1,79	-10,68	-34,52
M. de Obra (horas)	1.112.042	1.112.042	1.082.472	1.082.472	1.082.472	1.112.042
Desviación (%)	0,00	0,00	-2,66	-2,66	-2,66	0,00
C. de Agua (miles m ³)	243.547	243.547	233.509	233.509	233.509	241.079
Desviación (%)	0,00	0,00	-4,12	-4,12	-4,12	-1,01
Cantidad de N (kg)	6.843.976	6.843.976	6.679.931	6.679.931	6.679.931	6.718.128
Desviación (%)	0,00	0,00	-2,40	-2,40	-2,40	-1,84

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3

Desviaciones porcentuales de los distintos indicadores con respecto al escenario 2002



Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

Señalemos, en primer lugar, la capacidad del modelo usado para la descripción de los procesos reales de la agricultura aragonesa y para la predicción sobre ésta. Es bastante sorprendente la casi coincidencia entre la situación real de la zona estudiada de los Monegros y el punto eficiente de mejor compromiso. Por ello, la metodología propuesta puede ser una herramienta muy útil a la hora de simular el comportamiento de los agricultores, y puede ser de gran ayuda para la modulación de las políticas agrarias y de las estrategias individuales de cada agricultor.

Como hemos visto, el proceso de toma de decisión de los agricultores sobre el plan óptimo de los cultivos está fuertemente influenciado por la PAC. Esto se aprecia, primero, por las condiciones que exige la PAC para el cobro de las ayudas, condiciones como las buenas prácticas agrarias, que se introducen en el modelo mediante las restricciones de rotación, y la retirada de tierra, que sirven para el control de la producción. Segundo, la influencia de la PAC se aprecia también en el cambio de las estrategias de los agricultores, sobre todo a la hora de cambiar el régimen de pago. El cuadro 9 muestra esto de forma muy clara.

Para clarificar estas influencias, en el trabajo hemos estudiado los distintos impactos de la PAC; primero, sobre la asignación de cultivos; segundo, sobre la renta de los agricultores; tercero, sobre el nivel de empleo; y, por último, sobre el consumo de agua y el uso de nitrato.

- *El impacto de la PAC sobre la asignación de cultivos.* En cuanto a asignación de cultivos, lo más destacado es la sensibilidad del cultivo del arroz al desacoplamiento, ya que este cultivo ha sufrido una caída de precio que no permite resistir un desacoplamiento de la ayuda. Lo contrario ocurre con el resto de los cultivos, sobre todo los cultivos de alfalfa y de maíz; el primero es un cultivo de alta rentabilidad y no dependiente de las ayudas directas, y el segundo es un cultivo de alta rentabilidad y no se esperan caídas en su precio. En segundo lugar, sorprende la coincidencia del plan óptimo de cultivos del desacoplamiento parcial con el plan óptimo del desacoplamiento total. Esto es debido a que los porcentajes de ayudas acopladas (el 25 por ciento) no son suficientes para influir en el proceso de toma de decisiones.
- *El impacto económico de la PAC.* El sistema de pago único con desacoplamiento parcial se revela como un sistema mejor que los de pago por superficie y de pago único con un desacoplamiento total, ya que proporciona un margen bruto mayor. Por otra parte, una caída de precios aplicada al caso del régimen de pago único con desacoplamiento parcial, produce una bajada en el margen bruto, éste es un resultado lógico de cualquier intento hacia la liberalización del mercado sin acompañamiento de ayudas compensatorias a los agricultores.
- *Impacto en el empleo.* El régimen de pago único produce una ligera caída del nivel de empleo, que se mantiene con unas caídas moderadas de precio.
- *Impacto ambiental:* Con el fin de estimar el impacto ambiental se estudiaron, primero, la evolución del consumo de agua y, segundo, la evolución del uso de nitrato. Con el régimen de pago único (total o parcial) se puede ahorrar cantidades muy importantes de agua en el área de estudio. El uso de nitrato se reduce también con el régimen de pago único por la sustitución de los cultivos más exigentes en el abonado nitrogenado, como el arroz, por la alfalfa, cultivo nada exigente en nitrato. Esto revela la importancia del régimen de pago único para mejorar la calidad ambiental en el área de Monegros, minimizando el riesgo de contaminación por nitrato.

Como comentario final, señalemos la importancia que tiene la PAC para la supervivencia futura del regadío y las ventajas que para éste

presenta el sistema de pago único desacoplado: mayor margen bruto y mejora de las condiciones medioambientales (ahorro de agua, minimización del uso de nitrato). No obstante, la ventaja que presenta el desacoplamiento parcial es una seria advertencia sobre la necesidad de tener en consideración las particularidades de los cultivos a la hora de aplicar el desacoplamiento. Igualmente, la sensibilidad que se revela en las caídas de precios, menor margen bruto y deterioro de las condiciones ambientales, obliga a que se tenga muy en cuenta los efectos de la liberación y apertura del mercado. Finalicemos señalando que somos conscientes de que todas estas conclusiones pueden ser muy dependientes de las características de la zona estudiada, un conjunto de pueblos en la comarca de los Monegros, donde el regadío tiene un gran peso.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN, S. (1994): «Las técnicas multicriterio y su aplicación a la evaluación de planes de desarrollo: El plan Tierra de Campos». *Economía Agraria*, 4: pp. 175-217.
- BALACHANDRAN, M. y GERO, J. S. (1985): «The Noninferior Set Estimation Method for three Objective Problems». *Engineering Optimization*, Vol. 9: pp. 77-88.
- CE (1992): *Reglamento (CE) N.º 1765/1992 del Consejo de 30 de junio de 1992. Diario oficial de las Comunidades Europeas*. Bruselas.
- CE (2000): *Reglamento (CE) N.º 1672/1999 del Consejo de 27 de julio del 2000. Diario oficial de las Comunidades Europeas*. Bruselas.
- CE (2003): *Reglamento (CE) N.º 1782/2003 del consejo, de 29 de septiembre de 2003. Diario oficial de la Unión Europea*. Bruselas.
- COHON, J. L.; CHURCH; R. L. y SHEER, D. P. (1979): «Generating multiobjective trade-offs: an algorithm for bicriterion problems». *Water resources research*, 15: pp. 1.001-1.010.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; ARRIANZA, M. y BERBEL, J. (2002): «Conflicting implementation of agricultural and water policies in irrigated areas in the EU». *Journal of Agricultural Economics*, 53 (2): pp. 259-281.
- JUDEZ, L.; DE MIGUEL, J. y FUENTES-PILA, J. (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(2): pp. 239-257.
- MAPA (2001): *Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón en 2000*. Madrid.
- MAPA (2003): *Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón en 2002*. Madrid.
- MARTÍNEZ COB, A.; FACI GONZÁLEZ, J. M y BERCERO, Á. (1998): *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón*. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

- MEMA, M. *et al* (1998): «Modelización de usos de suelo en la zona de Flumen –Monegros I». *Servicio de Investigación Agroalimentaria, Unidad de Economía y Sociología Agrarias*. Documento de trabajo 98/10.
- QURESHI, M. E; HARRISON, S. R. y WEGENER, M. K. (1999): «Validation of multicriteria analysis models». *Agricultural Systems*, 62: pp. 105-116.
- ROMERO, C. (1993): *Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza editorial. Madrid.
- ZEKRI, S. y ROMERO, C. (1992): «A methodology to asses the current situation in irrigated agriculture: an application to the village of Tauste (Spain)». *Oxford Agrarian Studies*, 20: pp. 75-88.

Otras fuentes

www.aragob.es

www.europa.eu.int

<http://portal.aragob.es/index.html>

Anexo 1

MARGEN BRUTO POR CULTIVO, MODELO BASE

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Rendimiento kg/ha	12.313	5.050	3.657	1.442	10.929	3.670
Precio €/kg	0,1	0,26	0,11	0,17	0,12	0,13
Producción €/ha	1.231,3	1.313	402,27	245,14	1.311,48	477,1
Subvención	0	334,3	205,35	351,48	440,03	205,35
Producto Bruto	1.231,3	1.647,3	607,62	596,62	1.751,51	682,45
Total costes directos	276,5	443	183,3	135,2	549,1	223,8
Margen bruto estándar	954,8	1.204,3	424,32	461,42	1.202,41	458,65
Maquinaria y mano de obra	237,2	201,6	76,9	92,1	119,1	94,6
Margen bruto	717,6	1.002,7	347,42	369,32	1.083,31	364,05

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA, 2001 y www.aragob.es

SUBVENCIONES, CULTIVOS MÁS RETIRADA, ZONA DE ESTUDIO (AÑO 2000)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
€/t	0	52,65	58,67	81,74	58,67	58,67	65,92
t/ha	0	6,35	3,5	4,3	7,5	3,5	4,3
€/ha	0	334,33	205,35	351,48	440,03	205,35	283,46

Fuente: Elaboración propia a partir de www.aragob.es y www.europa.eu.int

Anexo 2

MARGEN BRUTO POR CULTIVO, ESCENARIO 2002

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Rendimiento kg/ha	12.313	5.050	3.657	1.442	10.929	3.670
Precio €/kg	0,114	0,2705	0,119	0,2583	0,1376	0,1394
Producción €/ha	1.403,682	1.366,025	435,183	372,4686	1.503,8304	511,598
Subvención	0	334	246	246	473	246
Producto bruto	1.403,68	1.700,29	680,88	618,17	1.976,33	757,30
Total costes directos	276,5	443	183,3	135,2	549,1	223,8
Margen bruto estándar	1.127,18	1.257,29	497,58	482,97	1.427,23	533,50
Maquinaria y mano de obra	237,2	201,6	76,9	92,1	119,1	94,6
Margen bruto	889,98	1.055,69	420,68	390,87	1.308,13	438,90

Fuente: Elaboración propia a partir del MAPA (2001, 2003) y www.aragob.es

RESUMEN

Impacto socioeconómico y ambiental de la nueva PAC. Repercusiones sobre la agricultura de regadío en los Monegros (Aragón)

La Política Agraria Común (PAC) desde su origen ha sufrido profundos cambios para hacer frente a nuevos desafíos, pasando de una política proteccionista de precios, que pretendía el aumento de la productividad, a una política que tiene como objetivo el desarrollo sostenible y el respeto al medio ambiente. Este trabajo trata de analizar el impacto económico social y ambiental de la PAC sobre la agricultura de regadío, especialmente sobre los cultivos herbáceos. En concreto, se analiza cómo influye la reciente reforma de la PAC, principalmente el desacoplamiento de las ayudas, en el sistema productivo, la renta, el consumo de agua, el uso de nitrato y el nivel de empleo. Se han establecido seis escenarios futuros de la PAC con el objetivo de estudiar las repercusiones que éstos tendrían sobre estos temas. Para alcanzar este objetivo se ha optado por la realización de simulaciones a través de un modelo de programación matemática, desarrollado dentro del paradigma de la Decisión Multicriterio, concretamente el método NISE. La metodología propuesta se ha puesto en práctica en la comarca de los Monegros (Aragón). Los resultados obtenidos demuestran la importancia del desacoplamiento parcial de las ayudas en la agricultura de regadío en cuanto a satisfacción de los objetivos económicos sociales y ambientales.

PALABRAS CLAVES: PAC, desacoplamiento, agricultura, cultivos herbáceos, decisión multicriterio, Monegros.

SUMMARY

The socioeconomic and environmental impact of the new CAP. Repercussions on the irrigated agriculture in the Monegros (Aragón)

The Common Agricultural Policy (CAP), has deeply changed, from a protectionist price policy, that tries to increase the productivity, to a policy that aims the sustainable development and the protection of the environment. The present study tries to analyze the economic, social and environmental impact of the CAP on the irrigated agriculture, specially on the field crops. In this way, it is analysed how the recent reform of the CAP, in particular the influence of the single payment on the productive system, the farm income, the water consumption, the use of nitrate and on the level of employment. It has been established six future scenarios of the CAP to study the repercussions on these issues. To reach this objective the study has opted to implement simulations through mathematical programming models, developed within the Multiple Criteria Decision Making paradigm especially the NISE method. The proposed methodology has been practiced in the Monegros region (Aragon). The obtained results show the importance of the single payment partially decoupled in the irrigated agriculture in the satisfaction of the social environmental and economic objectives.

KEYWORDS: CAP, single payment, agriculture, field crops, multiple criteria decision making, Monegros.