

JOSÉ ANTONIO GÓMEZ-LIMÓN RODRÍGUEZ (\*)

FRANCISCO J. SÁNCHEZ MADRID (\*)

ANTONIO RODRÍGUEZ OCAÑA (\*\*)

PABLO LARA VÉLEZ (\*\*\*)

## **Evaluación del impacto socioeconómico de la sequía en los regadíos de la Campiña Baja (Córdoba). Una aproximación multicriterio**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La sequía reinante en Andalucía (España) desde el año 1992 ha determinado una reducción importante de las dotaciones de agua para el regadío para dicho año y la ausencia casi total de agua para las siguientes dos campañas agrícolas. Ello ha determinado que los agricultores hayan decidido sembrar las tierras de regadío con cultivos de una menor demanda hídrica, que coincidan con aquéllos que generan menores rentas y demandan una menor de mano de obra.

Esta disminución de rentas y del empleo generado han venido siendo valorados por las distintas organizaciones agrarias y por la propia Administración de manera muy dispar, realizadas en su mayoría por comparación de las rentas agrarias y empleo en el período presequía (años 1986 a 1992) con el de sequía (años 1993, 1994 y 1995). Para la realización de estas valoraciones sin embargo, no se han tenido en cuenta las diferencias en el entorno institucional acaecido entre ambos períodos. Efectivamente, durante el período de sequía se ha puesto en vigor la Reforma de la Política Agraria Común (PAC), que ha provocado que el sistema de protección de esta política pase de un sostenimiento artificial de los vía precios

---

(\*) Dpto. Economía Agraria. ETSIAM Universidad de Córdoba.

(\*\*) Dpto. Economía Agraria. Centro de Desarrollo y Formación Agraria. Junta de Andalucía.

(\*\*\*) Dpto. Producción Animal. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

agrarios a un sistema de ayudas a las rentas agrarias con pagos compensatorios por superficies. Este solapamiento de la sequía con la Reforma de la PAC hace que el mecanismo de valoración antes expuesto de mera comparación entre ambos períodos no sea totalmente válida.

Ante esta situación, el principal objetivo que nos proponemos con este estudio es el desarrollo de una metodología que valore el impacto socioeconómico de la sequía, utilizando para ello la Teoría Decisional Multicriterio. Con ella pretendemos simular las decisiones de siembra de los agricultores si hubiesen dispuesto de la dotación de agua habitual para los regadíos (6.000 m<sup>3</sup>/ha), teniendo en cuenta la nueva política de mercados agrarios establecida por la Unión Europea. Una vez obtenida tal simulación podrá compararse las decisiones de siembra teóricas (sin restricciones de agua) para las campañas agrícolas sujetas a sequía con las ocurridas en la realidad, estableciendo por diferencia los efectos de la sequía sobre la pérdidas de rentas y los efectos sobre el empleo.

Por último indicar que este desarrollo metodológico será puesto en práctica en la comarca agraria de La Campiña Baja (Córdoba) para las campañas de comercialización 1993/94 y 1994/95, en la cual cuantificaremos de manera empírica este impacto sobre las rentas y el empleo.

## **2. PRESENTACIÓN DEL MECANISMO DE SIMULACIÓN UTILIZADO: LA PROGRAMACIÓN POR METAS PONDERADAS**

Una vez definido claramente nuestro objetivo, el primer paso a dar será el determinar cuál va a ser, dentro del paradigma de la Decisión Multicriterio, el mecanismo que nos permita simular lo que hubiese ocurrido durante los años 93 y 94 en caso de no haber habido sequía. Para ello estableceremos como hipótesis de partida que en este período de grandes cambios, tanto de disponibilidades de agua como de política agraria, un factor estructural inamovible han sido los *objetivos de los agricultores*. Hemos optado por ello por emplear la metodología desarrollada por Sumpsi *et al.* (1993), la cual nos permitirá determinar tales objetivos y calcular la ponderación que de éstos hacen los productores agrícolas. Este estudio, realizado con los datos disponibles del período presequía, nos servirá

para poder explicar el comportamiento de éstos. En base a tal ponderación se podrá pues, simular cuál hubiese sido el comportamiento de estos empresarios durante los años de sequía si hubiese dispuesto de la habitual oferta de agua de riego.

## 2.1. Metodología Decisional Multicriterio y programación multiobjetivo

El agricultor, como cualquier agente económico, a la hora de tomar sus decisiones pretende buscar un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos, usualmente en conflicto. En este contexto se puede hablar de Decisión Multicriterio. Así esta Metodología Decisional Multicriterio y su planteamiento matemático, la programación multiobjetivo, constituyen un enfoque de gran potencialidad cuando el contexto decisional está definido por una serie de objetivos a optimizar que deben de satisfacer determinado conjunto de restricciones.

Planteado el problema en estos términos, la estructura general de un programa multiobjetivo puede representarse esquemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Eff } f(\mathbf{X}) = [f_1(\mathbf{X}), \dots, f_i(\mathbf{X}), \dots, f_q(\mathbf{X})] \quad [1]$$

sujeto a:  $\mathbf{X} \in F$

donde:

Eff = significa la búsqueda de soluciones eficientes.

$f_i(\mathbf{X})$  = expresión matemática del atributo  $i$ -ésimo.

$\mathbf{X}$  = vector de variables de decisión.

$F$  = conjunto de restricciones que definen el conjunto de soluciones posibles.

Una vez definidos estos objetivos, un segundo paso será el cálculo de la *matriz de pagos*. Esta será de una gran utilidad, pues nos permitirá cuantificar el nivel de conflicto existente entre los objetivos que estamos considerando.

	$f_1(\mathbf{X})$	$f_2(\mathbf{X}) \dots$	$\dots f_i(\mathbf{X}) \dots$	$\dots f_n(\mathbf{X})$
$f_1(\mathbf{X})$	$f_{11}^*$	$f_{12}$	$f_{1i}$	$f_{1n}$
$f_2(\mathbf{X}) \dots$	$f_{21}$	$f_{22}^*$	-	-
$\dots f_i(\mathbf{X}) \dots$	$f_{j1}$	-	$f_{ji}$	-
$\dots f_n(\mathbf{X})$	$f_{n1}$	-	-	$f_{nn}^*$

[2]

En esta matriz los elementos  $f_{ij}$  representan el valor alcanzado por el objetivo de la fila  $i$  ( $f_i(X)$ ) cuando se optimiza el objetivo de la columna  $j$  ( $f_j(X)$ ). Así tendremos que el valor de  $f_i^*$  se corresponderá con el valor óptimo del objetivo  $f_i(X)$ . Se dice que los objetivos  $a$  y  $b$  están en conflicto cuando  $f_a^*$  es muy diferente de  $f_{ab}$  y  $f_b^*$  de  $f_{ba}$ .

## 2.2. Ponderación de los objetivos

Cuando la matriz de pagos se haya obtenido, estaremos en condiciones de formar el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\begin{vmatrix} f_{11} = f_1^* & f_{12} & \dots & f_{1i} & \dots & f_{1q} \\ f_{i1} & f_{i2} & \dots & f_{ii} = f_i^* & \dots & f_{iq} \\ f_{q1} & f_{q2} & \dots & f_{qi} & \dots & f_{qq} = f_q^* \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} w_1 \\ w_i \\ w_q \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} f_1 \\ f_i \\ f_q \end{vmatrix} \quad [3]$$

donde:

- $w_i$  = peso de importancia del  $i$ -ésimo objetivo.
- $f_i^*$  = valor ideal logrado por el  $i$ -ésimo objetivo.
- $f_i$  = valor observado para el  $i$ -ésimo objetivo.
- $f_{ij}$  = valor logrado por el  $i$ -ésimo objetivo cuando se optimiza el  $j$ -ésimo objetivo.

Si este sistema tiene una solución no negativa, representará el conjunto de pesos que tiene cada uno de los objetivos en la realidad. Sin embargo, la mayoría de las veces, no existe solución exacta; en otras palabras, no existe un conjunto de pesos  $w_1 \dots w_i \dots w_q$  realmente capacitado para representar el comportamiento real de los productores. En estos casos habrá que buscar la mejor solución mediante la Metodología Decisional Multicriterio (Romero, 1993). Esta solución la podremos obtener mediante la resolución del siguiente programa lineal (Modelo [4]):

$$\text{Min } \Sigma [(n_i + p_i) / f_i] \quad [4]$$

Sujeto a:

$$\begin{array}{rcccccccc} w_1 f_{11} + & \dots & + w_i f_{1i} + & \dots & + w_q f_{1q} & + n_1 & - p_1 & = & f_1 \\ w_1 f_{i1} + & \dots & + w_i f_{ii} + & \dots & + w_q f_{iq} & + n_i & - p_i & = & f_i \\ w_i f_{q1} + & \dots & + w_i f_{qi} + & \dots & + w_q f_{qq} & + n_q & - p_q & = & f_q \\ w_1 & + & \dots & + w_i & + & \dots & + w_p & = & 1 \end{array}$$

Donde  $n_i$  y  $p_i$  son respectivamente las desviaciones negativas y positivas respecto al valor alcanzado en la realidad por el objetivo en cuestión.

Recapitulando de forma breve, la metodología a utilizar para el cálculo de las ponderaciones de los distintos objetivos considerados por los productores agrícolas se desarrollará en los siguientes pasos:

- 1) Establecer de forma apriorística los objetivos que creemos más importantes para los agricultores de la zona de estudio.
- 2) Determinar la matriz de pagos para los anteriores objetivos.
- 3) Con la anterior matriz de pagos resolver el modelo planteado para la Metodología Decisional Multicriterio (Modelo [4]), obteniendo así una aproximación a los pesos de los distintos objetivos de los productores de la zona.

Este cálculo de los objetivos lo vamos a realizar de forma independiente para los tres años anteriores a la sequía (1989, 1990 y 1991). Con ello pretendemos comprobar si efectivamente estos objetivos son una característica estructural (fijos) y, en caso que nuestra suposición sea correcta, calcular la media de las ponderaciones de cada uno de estos objetivos. De esta manera podremos calcular una función de utilidad subrogada, la cual intentarán maximizar el conjunto de los empresarios agrarios de la zona en todo momento. Será pues ésta la que nos permita realizar la posterior simulación, suponiendo que durante el bienio 93-94, tras la Reforma de la PAC, el régimen pluviométrico hubiese tenido un carácter ordinario.

### **3. ELABORACIÓN DEL MODELO APLICADO A LOS CULTIVOS DE REGADÍO DE LA CAMPIÑA BAJA**

#### **3.1. Variables de decisión del modelo**

Para nuestro modelo las variables de decisión empleadas serán los cultivos que ocupan la zona de regadío en estudio. Entre todos ellos, hemos decidido quedarnos para nuestro análisis con los más representativos en la comarca de estudio,

tanto por su superficie cultivada como por su valor de producción. Estos cultivos serán diez en total, representando el conjunto de todos ellos más del 90 por ciento de la superficie total de cultivo en dicha comarca. Estos cultivos, que como componente del vector de decisiones  $X$  estudiaremos, serán los siguientes:

Variable	Comarca de la Campiña Baja
$X_1$	Superficie dedicada a Trigo blando.
$X_2$	Superficie dedicada a Trigo duro.
$X_3$	Superficie dedicada a Maíz.
$X_4$	Superficie dedicada a Patata.
$X_5$	Superficie dedicada a Remolacha.
$X_6$	Superficie dedicada a Algodón.
$X_7$	Superficie dedicada a Girasol.
$X_8$	Superficie dedicada a Sandía.
$X_9$	Superficie dedicada a Ajo.
$X_{10}$	Superficie dedicada a Cebolla.
$X_{11}$	Superficie retirada de cultivo ( <i>set aside</i> ).

El modelo que vamos a formular, tendrá que permitirnos calcular la matriz de *pay-off*, componiéndose de formulación de objetivos y de restricciones.

### 3.2. Objetivos

Distintos autores que han estudiado el comportamiento de los agricultores de regadío en Andalucía (Sumpsi *et al.*, 1993, Gómez-Limón y Berbel, 1995 y Rodríguez, 1996) han establecido diferentes los objetivos que éstos pueden tener en consideración a la hora de establecer su decisiones de siembra. Estos mismos objetivos serán los que a priori vamos a considerar como los más relevantes para explicar el comportamiento de los agricultores del área de estudio, y por tanto serán los que utilizaremos para el cálculo de la matriz de pagos. Éstos son:

- Maximizar el Margen Bruto esperado (MB).
- Minimizar la Mano de Obra (MO).
- Minimizar el Capital Circulante Necesario (K).
- Minimizar el riesgo (MOTAD)
- Maximizar el ratio MB/K.

Resaltar que la elección de los anteriores objetivos se debe en buena medida a las suposiciones que establecen los autores sobre las pautas psicológicas y de comportamiento de los productores de la comarca analizada. La validez o no de éstos es lo que pretendemos contrastar con todo el proceso multicriterio que realizaremos a continuación. Sólo con posterioridad podremos conocer con certeza cuáles de ellos son efectivamente tenidos en cuenta por estos empresarios y en qué medida.

Una vez expuesto los objetivos a considerar, vamos a continuación a analizar cada uno de ellos, viendo cómo se calculan y cómo pueden insertarse en nuestro modelo de decisión multicriterio.

### ***a) Maximizar el Margen Bruto esperado (MB)***

El cálculo del margen bruto (MBi) de cada uno de los cultivos considerados para cada año lo podremos calcular a través de la siguiente fórmula:

$$MBi = [\text{precio} * \text{rendimiento}] + \text{subvención} - \text{costes variables} \quad [5]$$

Vamos pues ahora a analizar como se han obtenido cada uno de ellos:

- *Precios percibidos por los agricultores.* Los precios percibidos por los agricultores en cada año han sido obtenidos de los Boletines Mensuales de Estadística Agraria editados el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), como media de los existentes durante los meses de recolección correspondientes a cada uno de los cultivos. Estos pueden apreciarse en el cuadro 1.
- *Rendimientos de los cultivos.* Los rendimientos han sido obtenidos a partir de información primaria generada a través de encuestas directas a los agricultores de la comarca (ver cuadro 1).
- *Subvenciones.* Esta ayudas habrá que considerarlas como otro ingreso del agricultor, y que forma parte del margen bruto de cada uno de sus cultivos. Con anterioridad a la Reforma de la PAC el único cultivo que recibía subvenciones directas por superficie era el trigo duro (ver cua-

dro 1). Sin embargo, como luego se comentará, tras esta Reforma, los pagos por superficie se expendieron a todos los cultivos COP (Cereales, Oleaginosas y Proteaginosas).

- *Costes variables.* Para la estimación de los costes variables hemos considerado las siguientes partidas (ver cuadro 1): semillas, fertilizantes, fitosanitarios, uso de la maquinaria, costes de riego y mano de obra directa. Esta información se ha obtenido a partir de estudios de costes realizados por Guerrero (1992), Consejería de Agricultura y Pesca (1993) y Loring *et al.* (1989). Además, para el tema de costes de riego se ha recurrido a los datos suministrados por las propias Comunidad de regantes de las zonas de estudio (Comunidad de la Margen Derecha del Bembézar).

Cuadro 1

PRECIOS, RENDIMIENTOS, SUBVENCIONES, INGRESOS Y COSTES VARIABLES

Año	Trigo Blando	Trigo Duro	Maíz	Patatas	Remol.	Algod.	Cebolla	Sandía	Girasol	Ajo	Retirada
Precios percibidos por los agricultores (ptas. corrientes/k)											
1985	27,08	27,08	29,28	13,71	8,13	132,03	13,40	31,68	73,29	151,29	0
1986	27,56	27,56	29,81	22,90	7,48	121,40	14,33	33,89	67,39	161,83	0
1987	28,00	28,00	28,99	35,70	7,76	140,41	19,77	25,67	51,50	143,61	0
1988	27,40	27,40	26,69	26,07	7,71	117,86	14,20	36,42	59,50	100,09	0
1989	26,30	26,30	24,96	28,13	7,67	142,28	25,28	25,68	61,01	83,98	0
1990	25,55	25,55	27,57	44,90	7,93	113,68	20,76	33,76	56,58	184,10	0
1991	28,82	28,82	28,90	32,78	7,76	139,96	19,63	30,95	61,31	180,56	0
1992	26,45	26,45	24,05	26,86	7,62	140,00	17,00	14,84	16,00	171,02	0
1993	26,96	26,96	28,48	28,49	8,05	160,94	27,73	18,6	33,39	173,41	0
Rendimientos (kg/ha)											
1985	4.500	4.050	10.272	27.781	44.453	4.634	20.000	15.000	2.834	10.000	0
1986	4.285	3.857	13.183	27.941	47.586	4.218	25.000	27.498	2.831	10.000	0
1987	5.004	4.504	11.826	32.146	47.462	4.490	40.000	43.659	3.083	12.000	0
1988	5.256	4.730	12.190	33.386	56.334	3.436	25.000	31.996	3.252	7.000	0
1989	4.705	4.235	12.479	30.072	48.997	3.466	40.000	40.000	2.603	11.000	0
1990	5.477	4.929	12.677	29.823	50.836	4.406	35.000	37.120	2.758	10.000	0
1991	5.334	4.801	12.115	29.823	46.597	4.031	20.000	36.940	2.577	13.833	0
1992	5.200	4.680	12.524	29.205	57.735	3.495	20.000	33.192	2.726	12.000	0
1993	1.080	972	10.735	29.823	40.791	3.221	20.000	34.756	922	20.000	0
Subvenciones (ptas. corrientes/ha)											
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	2.371	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	5.220	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	8.402	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	12.341	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	17.085	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	22.463	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	27.601	0	0	0	0	0	0	146.200	0	0
1993	29.696	83.971	49.798	0	0	0	0	0	176.823	0	53.453



Cuadro 1 (Continuación)

## PRECIOS, RENDIMIENTOS, SUBVENCIONES, INGRESOS Y COSTES VARIABLES

Año	Trigo Blando	Trigo Duro	Maíz	Patatas	Remol.	Algod.	Cebolla	Sandía	Girasol	Ajo	Retirada
Ingresos totales (ptas. corrientes/ha)											
1985	121.860	109.674	300.757	380.878	361.401	611.846	268.000	475.200	207.700	1.512.900	0
1986	118.095	108.656	392.991	639.841	355.940	512.045	358.250	931.770	190.746	1.618.300	0
1987	140.112	131.321	342.832	1.147.601	368.147	630.397	790.800	1.120.508	158.790	1.723.260	0
1988	144.014	138.015	325.342	870.206	434.147	404.948	354.875	1.165.134	193.519	700.595	0
1989	123.742	123.708	311.488	845.778	375.804	493.089	1.011.200	1.027.200	158.811	923.780	0
1990	139.937	143.029	349.518	1.339.053	402.962	500.864	726.425	1.252.986	156.051	1.841.000	0
1991	153.726	160.816	350.109	977.449	361.597	564.207	392.500	1.143.108	157.996	2.497.617	0
1992	137.540	151.387	301.193	784.314	439.752	489.335	340.000	492.403	189.809	2.052.240	0
1993	58.813	110.176	355.517	849.658	328.369	518.362	554.600	646.462	207.593	3.468.200	53.453
Costes totales (ptas. corrientes/ha)											
1985	69.869	66.971	123.514	223.499	223.822	177.766	264.602	193.703	61.358	414.594	0
1986	74.168	71.014	130.117	234.594	237.274	186.606	283.920	203.916	64.825	439.453	0
1987	76.548	73.173	133.841	247.127	247.507	192.731	299.998	210.697	66.974	467.114	0
1988	76.806	73.236	133.510	252.145	252.735	195.626	312.154	214.022	67.650	483.467	0
1989	79.899	76.017	139.107	267.890	266.731	202.119	336.671	225.217	70.769	516.538	0
1990	83.874	79.614	146.412	286.780	285.848	211.075	370.405	240.282	75.080	557.944	0
1991	87.734	83.156	154.300	305.132	303.766	222.249	399.987	256.259	78.694	598.124	0
1992	88.060	83.119	154.751	306.170	314.026	228.017	429.605	267.853	79.432	618.140	0
1993	91.296	86.117	160.576	319.139	329.122	239.182	452.216	280.508	83.073	647.417	5.830

Fuente: Elaboración propia.

Con toda esta información estaremos en condiciones de calcular el margen bruto en pesetas corrientes (ver cuadro 2). Sin embargo, para su posterior utilización en el modelo, es necesario que éstos sean transformados en unidades monetarias comparables. Por estos motivos los márgenes brutos de cada año han sido deflactados y está expresado en «pesetas constantes 1994» (ver cuadro 2), utilizando para ello como índice actualizador el Índice General de Precios al Consumo (IPC). La elección de este índice queda justificada si tenemos en cuenta que los productores agrarios actualizan esta magnitud, asimilable a la renta generada por su actividad profesional, en función del poder adquisitivo que le supone en el mercado general de bienes y servicios.

De todas formas es necesario aclarar que el objetivo a maximizar es el margen bruto «esperado», ya que el real no será conocido hasta que finalice la campaña agrícola. Para calcular este valor esperado del margen bruto para cada cultivo i (MBi), deberemos tener en cuenta las estimaciones que hacen

Cuadro 2

MARGEN BRUTO CORRIENTE, A PTAS. CONSTANTES DE 1994,  
DESVIACIONES CON RESPECTO A LA MEDIA, FLUJO DE CAJA Y MANO DE OBRA

Año	Trigo Blando	Trigo Duro	Maíz	Patatas	Remol.	Algod.	Cebolla	Sandía	Girasol	Ajo	Retirada
Margen Bruto Corriente (ptas./ha)											
1985	51.991	42.703	177.242	157.379	137.580	434.079	3.398	281.497	146.342	1.098.306	0
1986	43.927	37.642	262.873	405.247	118.667	325.439	74.330	727.854	125.922	1.178.847	0
1987	63.564	58.148	208.991	900.474	120.639	437.666	490.802	909.811	91.816	1.256.142	0
1988	67.209	64.779	191.831	618.061	181.412	209.322	42.721	951.112	125.869	217.128	0
1989	43.843	47.691	172.381	577.888	109.073	290.970	674.529	801.983	88.042	407.242	0
1990	56.063	63.415	203.106	1.052.273	117.114	289.789	356.020	1.012.704	80.971	1.283.056	0
1991	65.992	77.660	195.809	672.317	57.831	341.958	-7.487	886.849	79.303	1.899.493	0
1992	49.480	68.268	146.441	478.144	125.725	261.318	-89.605	224.550	110.377	1.434.100	0
1993	-32.484	24.059	194.941	530.518	-752	279.179	102.384	365.953	124.519	2.820.783	47.623
Margen Bruto deflactado a pesetas constantes de 1994 (ptas./ha)											
1985	87.201	71.623	297.276	263.961	230.753	728.052	5.699	472.136	245.449	1.842.115	0
1986	67.717	58.028	405.239	624.719	182.934	501.688	114.585	1.122.040	194.118	1.817.280	0
1987	93.145	85.209	306.250	1.319.532	176.782	641.344	719.209	1.333.214	134.545	1.840.724	0
1988	93.975	90.578	268.230	864.208	253.661	292.686	59.735	1.329.901	175.998	303.602	0
1989	57.400	62.438	225.686	756.589	142.802	380.946	883.114	1.049.981	115.267	533.174	0
1990	68.791	77.811	249.215	1.291.160	143.701	355.577	436.844	1.242.608	99.353	1.574.336	0
1991	76.462	89.982	226.876	778.986	67.006	396.212	-8.675	1.027.556	91.885	2.200.865	0
1992	54.137	74.692	160.223	523.140	137.557	285.910	-98.038	245.682	120.764	1.569.059	0
1993	-33.880	25.094	203.324	553.331	-785	291.184	106.786	381.689	129.874	2.942.076	49.671
Media	62.772	70.606	260.258	775.070	148.268	430.400	246.584	911.645	145.250	1.624.803	203
Desviaciones del margen bruto con respecto a la media											
1985	24.429	1.017	37.019	-511.109	82.485	297.652	-240.885	-439.509	100.199	217.311	0
1986	4.945	-12.578	144.981	-150.351	34.666	71.288	-131.999	210.395	48.867	192.477	0
1987	30.373	14.603	45.993	544.462	28.514	210.944	472.625	421.569	-10.705	215.921	0
1988	31.203	19.972	7.972	89.139	105.393	-137.714	-186.850	418.256	30.747	1.321.202	0
1989	-5.372	-8.168	-34.571	-18.481	-5.466	-49.454	636.530	138.336	-29.983	1.091.630	0
1990	6.019	7.205	-11.043	516.091	-4.567	-74.823	190.259	330.963	-45.897	-50.468	0
1991	13.690	19.375	-33.382	3.917	-81.261	-34.188	-255.259	115.911	-53.365	576.062	0
1992	-8.635	4.086	-100.035	-251.929	-10.711	-144.490	-344.622	-665.963	-24.486	-55.744	0
1993	-96.652	-45.512	-56.934	-221.739	-149.053	-139.216	-139.798	-529.956	-15.377	1.317.273	49.468
Flujo de caja (ptas./ha)											
1.º T	-8.066	-6.758	-11.642	-38.863	-35.335	-6.340	-6.568	-12.178	7.140	-5.849	3.097
2.º T	102.056	88.563	-18.626	857.164	244.450	-14.659	68.822	-24.963	-18.192	687.444	0
3.º T	-11.999	612	80.237	-8.356	-20.478	-29.458	217.437	960.033	169.721	1.133.575	-2.894
4.º T	-8.177	2.230	222.790	-21.236	-22.755	488.947	-18.204	0	0	-175.512	0
Necesidades de mano de obra (horas/ha)											
	30	30	75	113	82	255	758	342	58	462	0

Fuente: Elaboración propia.

los agricultores para cada uno de los elementos que componen el margen bruto:

- *Precios esperados.* Consideraremos que éste es estimado por parte de los agricultores siguiendo un modelo de re-

tardos distribuidos. Esto quiere decir que el precio esperado por el producto  $i$  ( $P_i$ ) se obtendrá como una suma ponderada de los  $P$  reales de las anteriores campañas. Matemáticamente será:

$$P_{i_t} = \sum_{\forall_j} \beta_j * P_{i_{t-j}} \quad [6]$$

donde  $\beta$  sería el factor ponderador,  $t$  sería el año considerado, y  $j$  el retardo.

Para nuestro caso el sistema de retardos empleado será lineal. Para ello consideraremos los cinco años anteriores, empleando como coeficientes ponderadores el cociente de  $6-j/15$ ; es decir,  $5/15$  para el año justamente anterior ( $j = 1$ ),  $4/15$  para el margen bruto de dos años antes ( $j = 2$ )..., hasta llegar a  $1/15$  para el quinto año ( $j = 5$ ).

- *Rendimiento esperado.* Para ello cogeremos la media aritmética de los cinco años anteriores al año en cuestión.
- *Subvenciones y costes.* En ambas variables existe certeza de su cuantía, por lo que su valor esperado coincidirá con el real.

Así pues, podremos obtener el margen bruto esperado (MB $i$ ) para cada cultivo en cada uno de los años, obteniéndose el margen bruto total esperado (MB) como suma de los márgenes esperados procedentes de cada una de las actividades, tal y como aparece en la siguiente expresión:

$$\sum MB_i * X_i = MB \quad [7]$$

### ***b) Minimizar la Mano de obra (MO)***

La mano de obra es uno de los principales factores de producción empleados en las explotaciones agrarias, constituyendo unos de los costes más importantes en los distintos cultivos. Sin embargo, el objetivo de su minimización no proviene exclusivamente por un intento de minorar este tipo de gastos; debemos entender que la mano de obra es también un indicador de la complejidad en la gestión de los cultivos. En este sentido el objetivo del empresario agrícola de minimizar el

factor trabajo ha de considerarse igualmente como una tendencia de éstos a evitar la complejidad gerencial.

Las necesidades de mano de obra directa que cada uno de ellos origina se han estimado a partir de los mismos datos utilizados anteriormente para calcular los costes de cada cultivo (ver cuadro 2). Así pues la mano de obra (MO) del conjunto de la explotación se obtendría como sigue:

$$\sum MO_i * X_i = MO \quad [8]$$

siendo  $MO_i$  la mano de obra (en horas) necesaria para una ha del cultivo  $i$ .

### ***c) Minimizar el Capital circulante necesario (K)***

En todo ciclo productivo es necesario un capital que financie las inmovilizaciones temporales del proceso de producción (productos en curso). A este capital se le denomina capital circulante. Consideremos a priori que un objetivo a perseguir por los agricultores podría ser la minimización de este capital circulante, es decir, la minimización del capital inmovilizado durante el proceso productivo. Este criterio lo creemos justificado en principio dado el perfil psicológico de estos agricultores (aversión al crédito) y su situación financiera (minoración de los costes de tesorería).

Los valores de estas inmovilizaciones han sido obtenidos por nosotros mismos a partir de los pagos realizados por los cultivos (costes variables) e ingresos (valor de las ventas y de las subvenciones), aproximando a cada período el flujo de dinero que le corresponde. Así se ha obtenido el dinero que se inmoviliza en cada trimestre (cifras negativas) y la cantidad recobrada por la venta de la cosecha más subvenciones (cifras positivas), tal y como puede apreciarse en el cuadro 2.

Para plantear este objetivo, e intentando acercarnos lo más posible a la realidad, hemos dividido el año en 4 trimestres, de manera que pueda diferenciarse los períodos de labores (inmovilizaciones de capital) y de ingresos.

Así pues, consideraremos que para cualquier trimestre  $j$  el capital inmovilizado ( $CC_{N_j}$ ) será la suma del capital inmovilizado en dicho trimestre ( $\sum CC_{it} * X_i$ ) más el correspondiente

al período anterior ( $CCN_{j-1}$ ), siempre y cuando en éste se haya producido una inmovilización neta de capital (ingresos por ventas inferiores a las inmovilizaciones). Este planteamiento lo introduciremos en la programación matemática mediante la siguiente formulación:

$$CCN_j - \sum CC_{it} * X_i - CCN_{j-1} \geq 0 \quad [9]$$

siendo:

$CC_{it}$  = capital circulante del cultivo i, el trimestre t.  
 $CCN_j$  = desviación negativa del capital circulante.  
 j = trimestre (varía de 1 a 4).

El objetivo es la minimización del capital circulante máximo que la explotación necesita. Así el programa calculará los CCN para los cuatro trimestres, interesándonos minimizar el máximo de esos 4 resultados. Así, vamos a utilizar para eso el método del maximin. Entonces, añadiremos 4 inecuaciones:

$$CCN_j \leq K \quad \text{Para cada trimestre } j \quad [10]$$

#### ***d) Minimizar el Riesgo (MOTAD)***

La producción agrícola es una actividad que se caracteriza por el destacado papel que en ella tiene el riesgo: fluctuaciones de precios, rendimientos ... Así, la tarea de predecir los ingresos que podrá generar un plan de cultivos se hace difícil y sin ninguna precisión. Dentro de este contexto en que nos movemos, toda decisión (plan de cultivos) depende de la actitud del centro decisor frente al riesgo. Por tanto, el productor optará por considerar no tan sólo el beneficio que genera un plan de cultivos determinado, sino que también se tendrá en cuenta el grado de seguridad que genera. Por consecuencia, el riesgo está incorporado a los modelos de planificación agrícola.

En nuestro caso, consideraremos el riesgo de obtener un margen bruto inferior a la media observada durante el período. Lo vamos a estimar gracias al método del MOTAD siendo éste la suma de los desviaciones negativas por debajo de la media (ver cuadro 2).

Para cada año, desde 1985 hasta 1991, las desviaciones del margen bruto pueden estar expresadas de la forma siguiente:

$$\sum X_i * (MB_{ij} - MB_i) + n_j - p_j = 0 \quad \text{Para cada año } j \quad [11]$$

siendo:

$MB_{ij}$  = margen bruto del cultivo i, el año j.

$MB_i$  = margen bruto medio del cultivo i.

$n_j$  = desviación negativa por debajo de la media.

$p_j$  = desviación positiva por encima de la media.

Sin embargo, Hazell ( 1971 ) demuestra que es suficiente con minimizar las desviaciones por debajo de la media ( $n_j$ ). Por tanto la expresión de las desviaciones del margen bruto podemos aplicarla al modelo con una expresión como sigue:

$$\sum n_j = \text{MOTAD} \quad [12]$$

### ***e) Maximizar ratio MB/K***

Sobre este objetivo, lo primero que nos gustaría destacar es su importancia. No debemos verlo como un simple ratio, sino como un indicador de la rentabilidad del capital que estos agricultores inmovilizan temporalmente durante sus actividades productivas. Es pues razonable pensar que se trataría, al menos en potencia, de un objetivo a tener en cuenta por estos productores, persiguiendo su maximización.

La maximización de un ratio no es calculado por la programación lineal. Por tanto, para su obtención nos vemos obligados a utilizar un método indirecto. Se trata en concreto de un método paramétrico que, de manera iterativa, obtiene el valor máximo del ratio.

## **3.3. Restricciones**

### ***a) Utilización de la superficie***

La suma de las superficies dedicadas a cada cultivo la consideraremos igual 100. Por tanto, esta restricción se formula así:

$$\sum X_i = 100 \quad [13]$$

De esta forma la dedicación a cada una de las actividades  $X_i$  nos serán ofrecidas en tanto por ciento.

### ***b) Riego***

Es habitual que en situaciones de limitación en la disponibilidad de agua, se introduzcan los modelos este tipo de restricciones. Sin embargo, tal y como ha quedado de manifiesto en las entrevistas con los productores, la Comunidad de Regantes en estudio dispone en años normales de toda el agua que los productores demandan, sin que en ningún caso este recurso constituya una limitación a la producción. Este hecho motiva que este tipo de restricciones no las consideremos en este caso.

### ***c) Sucesión y frecuencia de cultivos***

Agronómicamente es desaconsejable que un cultivo suceda a otros determinados, 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 con las restricciones de sucesión de cultivos. Sin embargo, con la aparición de los nuevos tratamientos fitosanitarios, estas restricciones se hacen cada vez menos limitantes. Esta circunstancia hace que en la realidad no se cumplan estas premisas agronómicas, haciendo que la rentabilidad económica marque la ocupación de los cultivos, prevaleciendo esta consideración a su conveniencia agronómica. Por ello hemos considerado, para no ser más restrictivos que la realidad que intentamos analizar, no introducir en el modelo estas restricciones, ya que están prácticamente en desuso.

### ***d) Limitantes de mercado***

Para no distorsionar los resultados, es necesario introducir restricciones de mercado para los cultivos hortícolas: patata (X4), sandía (X8), ajo (X9) y cebolla (X10). Éstos, por su carácter perecedero acuden a los mercados de forma desorde-

nada, sin posibilidad de adecuar la oferta con las exigencias de la demanda. Por ello supondremos que la capacidad máxima del mercado (Maxi) para estos cultivos equivale a la superficie máxima histórica desde 1985. Así pues, las restricción de este tipo quedarán como sigue:

$$X_i \leq \text{Maxi} \quad [14]$$

Igual ocurrirá con la remolacha (X5), cultivo sometido a cuotas por parte de las remolacheras, cuya producción en ningún caso puede superar un determinado nivel, y el trigo duro (X2), también sometido a cupo para el cobro de la subvención de la UE. En ambos casos consideraremos igualmente que su máximo histórico del período es la más elevada que se puede cultivar.

Sobre estos dos últimos cultivos sujetos a cupos, hemos de resaltar cómo encuestas realizadas a los productores ponen de manifiesto la existencia de un deseo por parte de éstos de continuar cultivándolos, al menor parcialmente, aunque éstos pierdan rentabilidad económica. Se trataría en realidad de una variable de decisión psicológica de difícil cuantificación, por la cual el agricultor se resiste a abandonar totalmente un cultivo sobre el que tiene un derecho histórico (cupos). Es por este motivo que hemos decidido introducir en el modelo una nueva restricción, limitando la superficie mínima del trigo duro y de la remolacha al 25 por ciento de la media del período 85-91 ( $X_2 \geq 4,10$  y  $X_5 \geq 2,63$ ). Sin duda se trata de un criterio altamente subjetivo. Sin embargo, siguiendo nuestro objetivo de simular de manera verosímil de la realidad, creemos imprescindible introducir una limitación de este tipo.

Con todas estas restricciones, el modelo completo queda determinado tal y como aparece en el cuadro 3.

## 4. RESULTADOS DEL MODELO

### 4.1. Obtención de los valores alcanzados en la realidad

Hemos calculado, en función de la distribución de superficies de cultivo, los valores alcanzados anualmente por las



Cuadro 3

## MODELO COMPLETO PARA EL AÑO 1991

	Trigo Blando	Trigo Duro	Maiz	Patatas	Remol.	Algod.	Cebolla	Sandia	Girasol	Ajo	N1	N2	N3	N4	N5	CCN 1	CCN 2	CC N3	CC N4	M B O	MOT AD	K		
MB	4.945	-12.578	144.981	-150.351	34.666	71.288	-131.999	210.395	48.867	192.477	1												0	
1986																								0
MB	30.373	14.603	45.993	544.462	28.514	210.944	472.625	421.569	-10.705	215.921		1												0
1987																								0
MB	31.203	19.972	7.972	89.139	105.393	-137.714	-186.850	418.256	30.747	-1.321.202			1											0
1988																								0
MB	-5.372	-8.168	-34.571	-18.481	-5.466	-49.454	636.530	138.336	-29.983	-1.091.630			1											0
1989																								0
MB	6.019	7.205	-11.043	516.091	-4.567	-74.823	190.259	330.963	-45.897	-50.468				1										0
1990																								0
MB	33.062	41.519	154.967	513.972	70.877	268.578	189.650	683.804	88.369	562.149														0
MO	30	30	75	113	82	255	758	342	58	462														0
MOTAD																								-1
CCN1	-6.884	-5.794	-10.189	-32.625	-29.837	-5.547	-5.759	-10.624	-10.481	-4.972	1	1	1	1	1									0
CCN2	75.522	64.958	-15.843	787.599	190.388	-12.632	98.313	-20.951	-15.306	265.304							1							0
CCN3	-11.992	1.875	37.216	-7.261	-39.290	-22.341	218.561	900.716	124.072	651.251							-1	1						0
CCN4	-8.674	3.220	162.997	-18.630	-19.960	310.393	-15.998	0	0	-147.693							1	-1	1					0
MAXIM IN 1																								-1
MAXIM IN 2																		1						-1
MAXIM IN 3																			1					-1
MAXIM																								-1

Cuadro 3 (Continuación)

MODELO COMPLETO PARA EL AÑO 1991

	Tiigo Blando	Tiigo Duro	Maiz	Patatas	Remol.	Algod.	Cebolla	Sandia	Grasol	Ajo	N1	N2	N3	N4	N5	CCN 1	CCN 2	CC N3	CC N4	M B O	MOT AD	K		
Superf.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												=	100	
Merca	1																						<	31,28
Merca				1																			<	5,41
Merca					1																		<	13,93
Merca							1																<	1,22
Merca																							<	2,22
Merca								1		1													<	1,24
Merca		1																					>	4,10
Merca						1																	>	2,63

distintas variables de decisión en las explotaciones de regadío de la Campiña Baja, según la expresión utilizada en el modelo. A partir de esta información se podrá definir el vector  $f$  de los valores alcanzados históricamente por los distintos objetivos considerados para cada uno de los años analizados (ver cuadro 4).

## 4.2. Matriz de Pagos

Una vez definido el modelo, sucesivamente iremos optimizando los distintos objetivos propuestos: Maximizar MB y MB/K, y Minimizar MO, K y MOTAD, para cada uno de los años considerados (89-91). Con los valores obtenidos podremos obtener las siguientes matrices de pagos:

Cuadro 4

### MATRICES DE PAGOS EN LOS OBJETIVOS PROPUESTOS Y COMPARACIÓN CON LOS ALCANZADOS EN LA REALIDAD

Matriz de pagos año 1991						
	MB	MO	MOTAD	K	MB/K	Realidad
MB	29.107.820	4.351.268	6.227.103	23.980.280	26.636.420	17.317.620
MO	24.417,77	3.136,76	4.825,80	23.405,24	25.185,99	11.302,39
MOTAD	23.839.110	3.299.05	2.483.398	23.789.620	25.283.930	8.616.443
K	776.904	2.076.943	731.048	622.310	630.412	1.167.306
MB/K	37,466436	2,095035	8,586443	38,534306	42,2524	14,8355544
Matriz de pagos año 1990						
	MB	MO	MOTAD	K	MB/K	Realidad
MB	28.020.320	3.670.189	5.671.939	19.509.330	26.668.820	15.166.670
MO	23.80,11	3.159,70	4.941,62	18.870,64	25.144,11	11.339,49
MOTAD	21.539.310	3.053.856	1.886.120	15.371.830	21.523.630	7.610.977
K	793.526	2.293.479	1.203.533	640.400	657.483	1.210.549
MB/K	35,311178	1,600271	4,71274	30,464307	40,561967	13,033111
Matriz de pagos año 1989						
	MB	MO	MOTAD	K	MB/K	Realidad
MB	31.085.360	4.774.589	7.872.433	22.026.340	29.795.720	15.214.050
MO	23.804,11	3.136,76	4.485,26	18.380,22	24.572,33	9.558,90
MOTAD	25.062.730	1.824.743	0	19.151.900	25.287.490	3.916.122
K	711.892	2.075.437	881.132	574.571	585.034	980.931
MB/K	43,6658	2,300522	8,934458	38,335293	50,929938	15,509807

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Metodología Decisional Multicriterio

De la resolución del modelo [4], se han obtenido los siguientes ponderaciones de los diferentes objetivos:

Cuadro 5

PONDERACIONES DE LOS PESOS  
DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS

MB	MO	MOTAD	K	MB/K
30,25%	16,74%	53,01%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma podemos concluir indicando que el comportamiento del conjunto de productores de esta comarca es compatible con la maximización de la siguiente función:

$$U = 0,3025 MB - 0,1674 MO - 0,5301 MOTAD \quad [15]$$

La anterior expresión podría considerarse por tanto como un buen subrogado de la función de utilidad que mide las preferencias reales de dichos agricultores. Será ésta expresión por tanto la que emplearemos para la simulación realizada en el próximo apartado.

Parece conveniente detenerse un instante a valorar esta función, ya que en ella se pone de manifiesto el carácter conservador de estos productores. Efectivamente, ésta expone cómo estos agricultores tienen una fuerte aversión al riesgo (ponderan en más de un 50 por ciento el objetivo de minimizar el MOTAD) y a la contratación de mano de obra (con 16,7 por ciento del total de objetivos). Queda claro por tanto como éstos parecen valorar en mayor medida una producción segura y de poca complejidad de gestión, antes incluso que la pura rentabilidad de la explotación.

## 5. SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN PARA EL PERÍODO 93-94 EN EL CASO DE HABER DISPUESTO DE AGUA DE RIEGO

Para la simulación de los cultivos sembrados por los agricultores si no hubiese habido ausencia de agua, hemos determinado unos valores ficticios de precios y de subvenciones, evitando así el salto que supone la aplicación de la Reforma de PAC a partir de 1993 para los cultivos COP.

- *Subvención ficticia.* Durante los años anteriores al inicio de la aplicación de la Reforma de la PAC y de la sequía no hubo ningún tipo de subvenciones para la mayoría de los cultivos COP. Sin embargo, ante la certeza de su percepción por parte de los productores, hemos creído conveniente considerar ésta como partícipe del margen bruto esperado del período (93-94). Para ello se ha estimado unas subvenciones ficticias para los años anteriores, que se ha obtenido en base a la deflación de la subvención real obtenida por los cultivos COP tras la Reforma. Para ello hemos utilizado como deflactor el IPC.
- *Precios ficticios.* Como hemos supuesto una subvención ficticia para los cultivos COP en los años anteriores a la Reforma, el precio a considerar para estos cultivos no podrá ser en ningún caso el precio realmente percibido por los productores. Sería lógico suponer que de haber obtenido éstos el ingreso procedente de las subvenciones, los precios hubiesen sido menores. Efectivamente el cambio de política agraria, tal y como se ha planteado, ha intentado mantener aproximadamente constantes las rentas de los agricultores; es decir, el margen obtenido en cada cultivo. Por ello hemos calculado para esos años un precio ficticio para los cultivos COP, a partir del precio real obtenido en esos años, la subvención ficticia en ese año y el rendimiento teórico asignado por la Unión Europea a la comarca de la Campiña Baja, tal y como aparece a continuación:

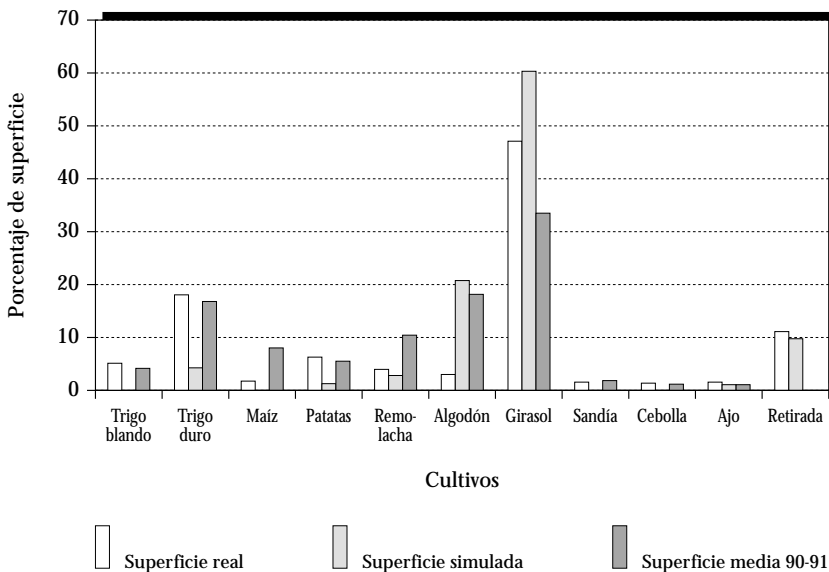
$$\text{Precio ficticio} = \text{Precio percibido} - \frac{\text{Subvención}}{\text{Rto. teórico}} \quad [16]$$

Si con estos cambios volviésemos a correr nuestro modelo, teniendo como función objetivo la maximización de la función de utilidad anteriormente explicitada, obtendríamos unos resultados aproximativos sobre las superficies asignadas a cada cultivo en caso de que no hubiese habido sequía. Como puede apreciarse en el gráfico 1, esta selección simulada de cultivos es muy diferente a lo que hicieron en la realidad.

Merece la pena detenerse un poco en los resultados de esta simulación. Así por ejemplo, comparando los resultados hipotéticos de superficies simuladas con la media del período presequía (90-91) podremos analizar de forma aislada el efecto que ha tenido la Reforma de la PAC sobre las decisiones de siembra de estos productores. Puede observarse con ello cómo en el caso de que no hubiesen existido restricciones hídricas, las superficies dedicadas a girasol y a algodón se habrían incrementado de manera notable en relación a la situación existente antes del cambio de las subvenciones comunitarias. De igual forma se observa la aparición, por obligación de la nueva PAC, de tierras retiradas. Sobre este respecto nos gusta-

Gráfico 1

**Resultados de la simulación y su comparación con la situación real de sequía y pre-sequía**



ría destacar cómo el aumento más notable habría sido el del girasol, que podría haber ocupado más del 60 por ciento de la superficie de cultivo de la comarca. Esta situación, fruto de unas subvenciones muy superiores a las de los cereales, se hubiese puesto realmente de manifiesto en los años posteriores a la sequía, de no ser por el Reglamento comunitario de 1994, popularmente conocido como el «girasolazo», impidiéndose que la superficie cultivada de girasol fuese superior al resto de cultivos con subvenciones directas (COP).

Los anteriores incrementos en la utilización del suelo se habrían realizado en perjuicio de otros cultivos tradicionales de la zona, como son el trigo blando, el trigo duro, el maíz y la remolacha, que es esta nueva situación se han hecho menos rentables.

De forma análoga, si comparásemos la superficie simulada con la real, tendríamos como resultado los efectos de la sequía sobre las decisiones de siembra de los agricultores. En concreto, de esta comparación podríamos observar, tal y como era de esperar, que el déficit del agua de riego ha hecho que los cultivos con mayores demandas hídricas, tales como el algodón y el girasol, hayan disminuido en superficie, en favor del cultivos menos exigentes como el trigo duro y el trigo blando. También nos gustaría destacar como se puede apreciar cierto aumento de las superficies dedicadas a cultivos hortícolas (patata, sandía, y cebolla) en estas mismas condiciones deficitaria en riegos, a pesar de ser éstos cultivos con grandes demandas de agua. Este efecto lo creemos motivado por el empleo del escasa agua por parte de los productores en cultivos más intensivos. Este comportamiento de los agricultores podemos explicarlo por el escaso riesgo que suponen la siembra de los cultivos COP predominantes en esta situación de sequía. En estas condiciones estos sujetos, cultivando hortícolas, han intentado asumir el riesgo que tradicionalmente conllevaba dedicar una determinada superficie al algodón, que en este contexto queda muy limitada.

## **6. EVALUACIÓN FINAL DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO DE LA SEQUÍA EN LA CAMPIÑA BAJA**

Tras los resultados de la simulación anterior, estaríamos en disposición de cuantificar el impacto sobre el margen bruto y

la mano de obra causadas en un año por la sequía (cambios en los planes de cultivo). Estas diferencias creemos que son la más adecuadas para cuantificar el impacto económico (disminución de rentas) y social (pérdidas de horas de trabajo) producido por la ausencia de agua.

Las pérdidas de margen bruto en una explotación de 100 ha, tal y como puede apreciarse en el cuadro 6, las hemos obtenido por diferencia entre el margen bruto obtenido en la situación hipotética de no haber existido sequía (simulada) y la que ocurrió en el año 1993. Para ambos casos, estos márgenes se han calculado según la expresión [5] ya comentada, si bien es necesario aclarar el origen de la información que para su cálculo se requiere:

- El margen bruto «simulado» se ha obtenido empleando los precios, rendimientos y costes medios del período presequía (88-91), y las subvenciones correspondientes al año 1993. Tan sólo aclarar, en lo que respecta a precios, que éstos se han actualizado convenientemente y, para los cultivos COP, éstos se corresponden con la media de los precios ficticios, no con los realmente existentes entonces, tal y como antes se apuntó.
- El margen bruto «real» se ha obtenido a partir de encuestas directas realizadas a los agricultores de la zona de estudio en relación a precios, rendimientos, subvenciones y costes variables, tal y como se refleja en el estudio de Sánchez (1996).

Por cultivos, puede comprobarse como las mayores diferencias se deben al algodón y al girasol que, tal y como se señaló con anterioridad fueron los dos cultivos más afectados por la falta de agua.

De forma similar también se ha calculado la disminución de mano de obra empleada en una explotación ideal de 100 ha (ver cuadro 7). En este caso las demandas de mano de obra «simulada» en cada cultivo se corresponden con los estándares para campañas normales, tal y como se apuntó en el apartado correspondiente. Por contra, las exigencias de mano de obra «real» se ha obtenido igualmente a partir de encuestas a los productores, ya recogidas en el trabajo de Sánchez (1996).



Cuadro 6

## IMPACTO DE LA SEQUÍA SOBRE MARGEN BRUTO

Cultivo	Sup. real (ha)	Sup. simul. (ha)	MB/ha real (ptas.)	MB/ha simul. (ptas.)	MB*Sup. real (mil ptas.)	MB*Sup. simul. (mil ptas.)	Difer. MB (mil ptas.)
Trig. bland.	4,95	0,00	21.410	76.374	106	0	106
Trig. duro	18,12	4,10	72.006	82.374	1.305	334	967
Maíz	1,58	0,00	189.098	215.488	299	0	299
Patatas	6,00	1,04	37.756	828.865	227	865	-638
Remola.	3,77	2,63	198.344	128.884	748	339	409
Algodón	2,91	20,74	66.110	384.460	192	7.974	-7.782
Cebolla	1,28	0,00	50.650	254.596	65	0	65
Sandia	1,54	0,00	229.063	979.145	353	0	353
Girasol	47,22	60,55	90.264	148.216	4.262	8.974	-4.712
Ajo	1,61	1,24	1.396.622	1.236.207	2.249	1.533	716
Retirada	11,03	9,70	49.735	49.735	548	482	66
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>			<b>10.352</b>	<b>20.505</b>	<b>-10.152</b>

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7

## IMPACTO DE LA SEQUÍA SOBRE LA MANO DE OBRA

Cultivo	Sup. real (ha)	Sup. simul. (ha)	MO/ha real (horas)	MO/ha simul. (horas)	MO*Sup. simul. (ptas.)	MO*Sup. real (mil ptas.)	Difer. MO (horas)
Trig. bland.	4,95	0,00	16	30	79	0	79
Trig. duro	18,12	4,10	16	30	290	123	167
Maíz	1,58	0,00	22	75	35	0	35
Patatas	6,00	1,04	78	113	468	118	350
Remola.	3,77	2,63	61	82	230	216	14
Algodón	2,91	20,74	258	255	750	5.289	-4.539
Cebolla	1,28	0,00	705	758	902	0	902
Sandía	1,54	0,00	289	342	445	0	445
Girasol	47,22	60,55	46	58	2.172	3.512	-1.340
Ajo	1,61	1,24	462	462	744	573	171
Retirada	11,03	9,70	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>			<b>6.115</b>	<b>9.830</b>	<b>-3.715</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por cultivos, puede apreciarse como las mayores diferencias se deben al algodón y al girasol, especialmente el primero. Ambos han sido los cultivos que mayores mermas de superficie han tenido por la falta de agua, aunque es el primero el que mayor repercusión tiene sobre la mano de obra (cultivo «social»).

Hay que matizar sin embargo, que los resultados anteriores (cuadros 6 y 7) serían únicamente para una explotación de 100 ha, que ha sido la que hemos utilizados en nuestro modelo. Para medir el impacto global sobre la comarca bastará con multiplicar estas disminuciones unitarias por las 51.369 ha de superficie agraria que compone la comarca de estudio. Estos resultados finales reflejan unas pérdidas de 5.215 millones de ptas. para los agricultores y de 1.909 horas de mano de obra para el conjunto de la comarca, tal y como pueden contemplarse en el cuadro 8.

## 7. CONCLUSIONES

Del presente estudio podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. La metodología multicriterio se revela como un mecanismo eficaz a la hora de la simulación del comportamiento de los agricultores que puede ser utilizada para la realización de previsiones de los posibles cambios en la agricultura como consecuencia de hechos ocurridos en la misma, como pueden ser alteraciones en los precios, cambios en la política de ayudas, etc.
2. La metodología expuesta de determinación de objetivos de los agricultores puede ser útil para determinar de forma aproximada las previsiones de siembra de los agricultores en un determinado año teniendo en cuenta los resultados de las campañas anteriores. Por ello, esta metodología puede emplearse de forma eficiente para estimar las pérdidas ocasionadas por la sequía, tanto en renta como en empleo.

Cuadro 8

IMPACTO DE LA SEQUÍA SOBRE MARGEN BRUTO  
Y SOBRE LA MANO DE OBRA PARA EL CONJUNTO DE LA CAMPIÑA BAJA

Superficie (ha)	Margen Bruto (millones de ptas.)	Mano de obra (miles de horas)
51.369	-5.215	-1.909

Fuente: Elaboración propia.

3. En los pesos obtenidos en cuanto a los objetivos de los agricultores en la toma de decisiones destaca su aversión al riesgo, manifestándose así el carácter conservador de éstos.
4. La entrada en vigor de la Reforma de la PAC en la comarca de la Campiña Baja habría supuesto, de no existir sequía, un considerable aumento de las superficies sembradas de girasol y algodón, especialmente el primero. Sin embargo, la situación de ausencia de agua de riego ha motivado que este potencial incremento no se haya producido, haciendo incluso que el porcentaje de tierras ocupadas por ambos hayan disminuido, en favor de otros cultivos con subvenciones directas.
5. Las pérdidas de renta originadas en la Campiña Baja durante el período de sequía han supuesto el 51 por ciento de la renta agrícola en cultivos herbáceos respecto a la que se hubiera obtenido si no se hubiera producido esta situación de falta de agua.
6. Las pérdidas de empleo motivadas por la sequía en la Campiña Baja han supuesto una reducción del 21 por ciento de horas contratadas de mano de obra en comparación con períodos normales.
7. Estas pérdidas económicas y sociales ponen de manifiesto la importancia del agua como factor limitante en la producción agraria, que trae como consecuencia un grave problema tanto económico (pérdida de renta) como social (pérdida de empleo) a la agricultura andaluza. □

## BIBLIOGRAFÍA

- CONSEJERA DE AGRICULTURA Y PESCA, JUNTA DE ANDALUCÍA (1993): *Estudio de Márgenes Brutos Estándar de las explotaciones agrarias de Andalucía*. Servicios de Publicaciones de la J. A. Sevilla.
- CONSEJERA DE AGRICULTURA Y PESCA, JUNTA DE ANDALUCÍA (1991): *Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras*. Andalucía. Servicios de Publicaciones de la J. A. Sevilla.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. y BERBEL, J. (1995): «Aplicación de una metodología multicriterio para la estimación de los ob-

- jetivos de los agricultores del regadío cordobés». *Investigación Agraria: Economía*, n.º 10 (1): pp. 103-123.
- GUERRERO, A. (1987 y 1992): *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa. Madrid.
  - HAZELL, P. B. (1971): «A linear alternative to quadratic and semivariance programming in farm under uncertainty». *American Journal of Agricultural Economic*, n.º 53: pp. 53-62.
  - LORING, J. (1989): *Estudio de Costes Agrarios en la provincia de Sevilla*. Diputación de Sevilla. Sevilla.
  - MAPA (1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992): *Anuario de Estadística Agraria*. Secretaría General Técnica. Madrid.
  - RODRÍGUEZ, A. (1996): *Propuesta metodológica para el análisis de la toma de decisiones de los agricultores: aplicación al caso del regadío extensivo cordobés*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
  - ROMERO, C. (1993): *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Universal Textos. Madrid.
  - SÁNCHEZ, F. J. (1996): *Impacto socioeconómico de la sequía en los cultivos herbáceos en Andalucía*. Trabajo Profesional de Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
  - SUMPISI, J. M.; AMADOR, F. y ROMERO, C. (1993): *A research on the andalusian farmers' objectives: methodological aspects and policy implications*. En *Aspects of the Common Agricultural Policy*. VIIth EAAE Congress, Stresa Italy, vol. D.

## RESUMEN

### **Evaluación del impacto socioeconómico de la sequía en los regadíos de la Campiña Baja (Córdoba). Una aproximación multicriterio**

La sequía reinante en Andalucía desde el año 1992 ha determinado la ausencia casi total de agua de riego para los años 93 y 94. Este período de sequía se ha superpuesto con la entrada en vigor la Reforma de la PAC, solapamiento que impide dar total validez a los mecanismos de valoración del impacto de la sequía basados en la mera comparación entre ambos períodos. Por este motivo, este estudio pretende establecer una metodología que, apoyándose en la programación por metas ponderadas, permita simular las decisiones de siembra de los agricultores de no haber existido sequía, teniendo en cuenta la

nueva PAC. Una vez obtenida tal simulación podrá compararse las decisiones de siembra teóricas (sin restricciones de agua) con las ocurridas en la realidad, pudiendo, por diferencia, establecer los efectos de la sequía sobre la pérdida de rentas y los efectos sobre el empleo. Esta metodología se pone a punto para la comarca de La Campiña Baja (Córdoba).

**PALABRAS CLAVE:** Programación por metas, sequía, impacto socioeconómico, regadíos, Andalucía.

## RÉSUMÉ

### **Calcule de pertes socioéconomiques dues a la sécheresse dans les zones irriguées en grande culture en Andalousie**

Depuis l'année 1992 jusque 1995, l'Andalousie a souffri une forte sécheresse. Cette periode est superposée à la nouvelle PAC, cela empêche donner une totale validité aux valorations réalisées sur la sécheresse fondées en une simple comparaison entre periodes de temps. C'est-à-dire comparer la periode pre-sécheresse avec la periode sécheresse. Pourtant, cette étude essaye d'établir une méthodologie appuyée sur la méthode de décision multicritere et exactement sur la technique «*Goal Programming*» par pondération. La modélisation présentée permet simuler la distribution de cultures dans le cas d'absence de sécheresse et en tenant en viguer la nouvelle PAC. Lorsque nous disposons de cette simulation, nous pouvons confronter la simulation avec la réalité, et donc calculer les pertes dues à la sécheresse. On a établi les pertes des rentes des agriculteurs et les pertes d'emploi generé dans la grande culture irriguée. Cette méthodologie est mise à point pour la petite région de «*La Campiña Baja*» (Cordoue).

**MOTS CLEF:** Techniques multicritères, sécheresse, pertes socioéconomiques, culture irriguée, Andalousie.

## SUMMARY

### **Socioeconomic impact evaluation of the drought in irrigated lands in southern Spain: A multicriteria decision making approach**

The severe drought occurred in Andalusia (Southern Spain) since 1992 has determined almost the absolute absen-

ce of water for the agricultural years 93 and 94. This long period of drought has been superposed with the beginning of the Common Agricultural Policy (CAP) Reform has arisen that the socioeconomic impact of the last one cannot be possible just comparing the income and the generated labor between the pre-drought period and the actual dry period. This paper try to establish a methodology, upon the weighted goal programming, which make us simulate the farmers' sowing decision if they could dispose the normal water supply for irrigation, keeping in mind the new CAP institutional environment installed in the European Union. Once obtain this simulation, we will be able to compare the theoretical sowing decision (without water constrains) for the drought biennium with the ones occurred in the reality. In this way we will able to determine, just by difference, the drought effects on income and generated labor. This methodology will be implemented in a practical way in La Campiña Baja district (Andalusia).

**KEYWORDS:** Weight goal programming, drought, socioeconomic impact, irrigated lands, Southern Spain.