

SILVERIO ALARCÓN (*)

Las técnicas multicriterio y su aplicación a la evaluación de planes de desarrollo: El plan Tierra de Campos (1)

1. INTRODUCCIÓN

La comarca Tierra de Campos, situada en la meseta norte entre las provincias de Palencia, Valladolid, Zamora y León, es una zona de condiciones naturales adversas: clima riguroso con largos períodos de heladas y veranos extremadamente calurosos, pluviometría escasa y suelos arcillosos, tenaces y poco permeables. A principios de la década de los 60, su estructura agraria se caracterizaba por un excesivo número de explotaciones de tamaño muy reducido (casi la mitad tenían una dimensión inferior a 5 ha.), una gran parcelación (la parcela media era inferior a 1 ha.), el predominio casi absoluto de la agricultura de secano y la escasa diversidad de cultivos y aprovechamientos.

Con el fin de potenciar el desarrollo económico de la comarca y aumentar el nivel de vida de sus habitantes se promulgó en 1965 el Plan Tierra de Campos (Programa de Inversiones para Tierra de Campos, Decreto 2755/65) que se concibió como un conjunto coordinado de acciones que no incumbían exclusivamente al sector agrario. Articulaba sus medidas en dos ámbitos: 1) mejora de la estructura económi-

(*) Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias. Universidad Politécnica de Madrid.

(1) Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación (PB88-0166) financiado por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica.

ca a partir de transformaciones en regadío (2), concentración parcelaria (3), fomento de la ganadería (4), establecimiento de industrias, formación profesional de los agricultores, etc.; y 2) elevación del nivel de vida rural mediante fusión de municipios y dotación de infraestructura técnica y social. La comarca delimitada incluía 179 municipios, 82 de Palencia, 63 de Valladolid, 28 de Zamora y 6 de León. Se realizaron dos ampliaciones, una en el año 1967 de 43 municipios de la comarca Valle del Tera en Zamora (Orden 89/67) y otra en 1968 de 45 pueblos leoneses situados entre los ríos Esla y Cea (Decreto 1320/68). El período de vigencia se fijó en seis años y posteriormente se prorrogó hasta finales de 1975 (Decreto 2308/72) (5), en total diez años de actuaciones.

Peña (1973) estudia las realizaciones del Plan Tierra de Campos en los seis años transcurridos entre 1966 y 1971. Durante este período se transformaron en regadío o dominaron por nuevas obras hidráulicas 22.895 ha., se concentró prácticamente la totalidad de Tierra de Campos delimitada en el Decreto 2755/65 y se concedieron auxilios, dentro del progra-

(2) En este decreto parece haber un compromiso claro en la realización de las obras de transformación en regadío del sistema Carrión-Pisuerga, en la zona oriental de Tierra de Campos, si bien no se especifica el número de hectáreas a transformar. Existen varios estudios que ofrecen distintas superficies a transformar y que pueden dar una idea de cuáles fueron las pretensiones de la Administración. En «Programa para el desarrollo de Tierra de Campos» (Consejo Económico y Social de Tierra de Campos, 1962) este sistema regaría un total de 92.257 ha. de las cuales 74.250 pertenecerían a Tierra de Campos; en «Estudio económico y social de Tierra de Campos» (Presidencia del Gobierno, 1965) se habla de 100.166 ha., de las cuales 47.585 ha. serían de Tierra de Campos. Es de destacar que en este documento se cuestiona la rentabilidad y la justificación de estos regadíos.

En cuanto a los regadíos de la zona occidental, los del sistema Esla-Cea-Valderaduey (aproximadamente unas 57.000 ha. en Tierra de Campos), el Decreto 2755/65 supeditaba su realización al éxito de los estudios en curso.

(3) Los trabajos de concentración parcelaria se realizaron con gran intensidad en toda la región castellano-leonesa, aunque en Tierra de Campos se integraba esta medida en el conjunto de actuaciones del Plan. Una visión más en profundidad del proceso de concentración parcelaria puede encontrarse en Alario (1991).

(4) Se insistió de forma reiterada que la orientación de los regadíos de Tierra de Campos debía ser claramente ganadera para que fuesen rentables las obras de transformación en regadío. Sin embargo ninguna de las programaciones que se realizaron incluía un estudio técnico profundo para el fomento de la ganadería. Para una exposición más detallada sobre este aspecto consúltese Alarcón (1994).

(5) En este decreto se especificaba más que en el anterior las obras de transformación en regadío a realizar. La mayoría de ellas, obras principales y complementarias, canales de conducción, redes de acequias, sistematización de suelos, etc., pertenecían al sistema Carrión-Pisuerga. Los compromisos más destacados en la parte occidental de Tierra de Campos se referían a la conclusión del embalse de Riaño, margen derecha del canal del Esla y margen derecha del canal del Tera. El resto del sistema Esla-Cea-Valderaduey quedaba pendiente de estudio y reconsideración.

ma de Ordenación Rural, a 2.923 explotaciones que ocupaban una superficie de 294.415 ha. Las realizaciones en mejora ganadera quedaron muy por debajo de lo programado y las inversiones para industrialización fueron también muy reducidas, unos 400 millones de ptas. que crearon algo menos de 500 puestos de trabajo. En cuanto a la dotación de infraestructura técnica y social a los núcleos de población, según Peña (1973) las mejoras fueron desiguales por provincias, pero en todo caso menos de lo que se esperaba. Este autor opina que la causa principal de los deficientes resultados del Plan Tierra de Campos en el período 1966-1971 fue el bajo cumplimiento de las inversiones previstas, que no llegaron al 50 por ciento. Asimismo, destaca la falta de coordinación entre los distintos organismos ejecutores.

Fernández Rodríguez (1975) dirige una investigación en la que se utiliza el análisis input-output para calcular los efectos directos, indirectos e inducidos, generados por las actividades agrarias e industriales de Tierra de Campos, que repercuten en las provincias en que se integra. El efecto total que se cuantifica fue un incremento del 161,51 por ciento de la renta media por ha. entre los años 1964 y 1970, siendo las explotaciones agrarias de tamaños intermedios las que experimentaron la mayor transformación productiva.

Además del análisis coste-beneficio y de las tablas input-output, se han utilizado otras metodologías para analizar los efectos de políticas agrarias o programas de desarrollo rural. Los métodos econométricos, por ejemplo, destacan por la gran cantidad de información que con ellos se puede extraer de las series históricas de datos que emplean y por la posibilidad de obtener indicadores sobre el grado de aproximación de las estimaciones a la realidad. La programación matemática es, sin embargo, más apropiada en ciertos casos porque requiere una menor cantidad de datos, ofrece mayor validez para el estudio de situaciones o políticas que incluyen cambios estructurales significativos en relación con el período histórico de referencia y permite incluir restricciones como la mano de obra o la ocupación de la tierra por períodos estacionales de tiempo (Una discusión de estas ventajas puede verse en Norton, Schiefer, 1980; Kutcher, Norton, 1982; Heady, 1983).

Dentro de la programación matemática la técnica más utilizada es la programación lineal debido a su mayor capacidad

para resolver modelos de grandes dimensiones. Hazell y Norton (1986) consideran tres formas diferentes de operar con un modelo de programación estática para evaluar proyectos de inversión: 1) cuantificar las repercusiones de los proyectos en las distintas metas políticas, 2) determinar las tasas internas de rendimiento, introduciendo los costes de los proyectos de inversión y 3) explorar el espacio euclidiano de las metas políticas y los proyectos de inversión, mediante un segundo modelo normativo.

El primer procedimiento es el que se va utilizar en este trabajo. Se pretende cuantificar, mediante el modelo empírico que se resume en el apartado 2, los efectos económicos y sociales de algunas medidas del Plan Tierra de Campos. En el apartado 3 se explica la procedencia de los datos utilizados y en el 4 se exponen los resultados obtenidos para cada una de las medidas analizadas.

2. MODELO PROPUESTO

178

La programación que se expone a continuación tiene como finalidad desarrollar un modelo que permita evaluar el impacto económico y social que tuvieron algunas políticas estructurales, realizadas en el marco del Plan Tierra de Campos, sobre el sector agrario de esta comarca. Las políticas objeto de análisis y evaluación son: concentración parcelaria, transformación en regadío y fomento de la ganadería. Otras medidas como potenciación de la industria, mejora del medio de vida rural, divulgación y extensión agrarias o fomento de explotaciones de dimensión óptima no se han podido incorporar al modelo por no existir datos disponibles que permitan su cuantificación.

El modelo que se propone recoge los siguientes aspectos:

- a) Las técnicas y condiciones de producción de las explotaciones de Tierra de Campos, distinguiendo según orientaciones y tamaños.
- b) Las disponibilidades de recursos (superficie de secano y de regadío, mano de obra propia, etc.) para las tipologías de explotación definidas.

- c) El comportamiento de los productores desde un punto de vista económico. Para este fin se utiliza una función multiobjetivo que maximiza el margen bruto y que recoge, además, la posibilidad de que los agricultores contemplen en sus decisiones cierta aversión al riesgo y/o a contratar mano de obra ajena.

El modelo se ha construido desde un enfoque positivo, tratando de reproducir la realidad agraria de la comarca en el año 1982. Este modelo inicial (o modelo «con inversiones», es decir, la situación agraria de Tierra de Campos con las mejoras del Plan) es la base para obtener otros modelos que reflejen las situaciones que hubieran existido si no se hubiesen realizado las inversiones. Esto se consigue mediante la introducción de modificaciones en los elementos de a) y b). La evaluación de las inversiones que se pretende se realiza al comparar soluciones eficientes del modelo inicial y de los modelos modificados.

La fecha de referencia para la evaluación, año 1982, ha sido seleccionada por dos motivos. En primer lugar, los siete años transcurridos desde la finalización de las inversiones (1975-1982) son un periodo de tiempo razonable para que la población agraria haya asimilado el uso de los nuevos instrumentos de trabajo: el paso de una agricultura de secano a otra de regadío, por ejemplo, implica un cambio de cultivos, de formas de trabajo e incluso de mentalidad que no se consigue de un día para otro (Cavero, 1975), sobre todo en una comarca eminentemente de secano como es Tierra de Campos. En segundo lugar, para este año existe más información estadística lo que permite la construcción de un modelo más detallado y completo.

El ámbito espacial del modelo se ha limitado a las comarcas Tierra de Campos (Valladolid) y Campos (Palencia) (6), según la clasificación que se realiza en «Tipificación de las comarcas agrarias españolas» (Ministerio de Agricultura, 1978). No se han incluido las ampliaciones posteriores (comarca Esla-Campos en León y Valle del Tera en Zamora) ni las zonas de Tierra de Campos de León y Zamora (Decreto 2755/65),

(6) La superficie labrada considerada asciende a 421.716 ha. (de ellas 41.217 son de regadío) que se reparten entre 11.405 explotaciones.

debido a la dificultad de conseguir datos sobre estas zonas y por el bajo grado de cumplimiento de las inversiones previstas en las mismas.

2.1. Tipologías de explotación

El modelo se especifica de forma agregada a nivel comarcal para el ámbito señalado. Es decir, cada tipología definida funciona como si fuera una única explotación que cuenta con el conjunto de recursos de todas las explotaciones de esta tipología. De esta forma se consigue que las soluciones obtenidas se puedan comparar con los datos censales.

Hazell, Norton (1986) consideran que es preciso clasificar las explotaciones por tamaños si se verifican algunas de las siguientes condiciones: 1) existencia significativa de explotaciones agrarias de distinto tamaño, 2) diferente utilización de los recursos productivos en cada una de ellas y 3) preocupación por la incidencia de las políticas agrarias según la dimensión de las empresas agrarias.

Los distintos tamaños de explotaciones existentes en la comarca y la diferente utilización de sus recursos han obligado a definir explotaciones de diferente dimensión:

- Explotaciones con menos de 10 ha.
- Explotaciones con una superficie entre 10 y 50 ha.
- Explotaciones comprendidas entre 50 y 100 ha.
- Explotaciones con más de 100 ha.

Además, ha sido necesario diferenciar las explotaciones según sus actividades agrarias más características para aumentar la homogeneidad de las explotaciones agrupadas. Se consideran las siguientes orientaciones productivas:

- Para los tres últimos tamaños: secano, secano-regadío, secano-ovino, secano-bovino, secano-porcino, secano-regadío-ovino, secano-regadío-bovino y secano-regadío-porcino.
- Para las explotaciones inferiores a 10 hectáreas: secano, secano-regadío, secano-ovino, secano-bovino, secano-porcino. No se contemplan las tres últimas orientaciones (secano-regadío con ganadería) dada su escasa relevancia.

En total, el modelo trabaja de forma agregada con 29 tipologías de explotación que se diferencian según tamaños y orientaciones productivas.

2.2. Actividades productivas

Los cultivos incluidos en el modelo son:

- En secano: trigo, cebada, avena, centeno, veza para forraje y alfalfa. Se ha incluido una variable para el barbecho por su gran importancia en las alternativas de secano. La escasa superficie que se dedica a cada especie de leguminosas (vezas, lentejas, garbanzos, etc.) y la necesidad de que de alguna forma estén reflejadas en las soluciones, ha llevado a considerar a la veza forrajera (que es la de mayor importancia aunque no con gran diferencia con respecto a la lenteja) como representativa de todas las leguminosas. El girasol se excluyó por su exigua presencia en la zona en 1982.
- En regadío: trigo, cebada, remolacha y alfalfa. Por las razones expuestas para el girasol, el maíz y la patata se descartaron en la formulación final. En las explotaciones que tienen regadío se incluye una variable adicional que representa la superficie que estando transformada en regadío no se riega y se aprovecha como si fuera de secano.

Las actividades ganaderas que se contemplan son: ovino lechero de raza churra, vacuno lechero de raza frisona y porcino intensivo en ciclo cerrado.

2.3. Restricciones y ecuaciones

Las restricciones y ecuaciones del modelo se agrupan bajo los siguientes epígrafes: agronómicas, ganaderas, producciones, flujos monetarios y mano de obra. Su formulación matemática puede verse en el Anejo I.

Dentro de las agronómicas, las de ocupación en las explotaciones sin regadío expresan que la superficie ocupada por los cultivos de secano y por el barbecho ha de ser igual a la superficie de secano disponible. En las explotaciones de regadío

se permite la infrautilización del regadío, transfiriendo parte de esta superficie a secano. Sin embargo, se ha impuesto la limitación de que se riegue como mínimo la mitad de la superficie transformada.

Las restricciones de sucesión reflejan las secuencias de cultivos que normalmente consideran los agricultores al planificar su actividad. En secano, por ejemplo, se han impuesto las siguientes restricciones: los cereales se consideran cultivos precedentes de las leguminosas forrajeras; la avena puede seguir al trigo o a la cebada, pero el centeno sólo puede ir después de la cebada; se impone también la doble condición de que un barbecho siga a cinco siembras de cereales y viceversa, dado que gracias a la mecanización y al mayor uso de fertilizantes y herbicidas, el barbecho se ha ido reduciendo progresivamente, pasando del tradicional año y vez (cereal/barbecho) a rotaciones menos extensivas del tipo cereal/cereal/leguminosa/cereal/cereal/barbecho o incluso cereal/cereal/cereal/cereal/cereal/barbecho.

Las restricciones de frecuencia obligan a no repetir un cultivo en la misma parcela durante un determinado número de años. En las de secano, la menos restrictiva es la de la cebada y las más restrictivas son las de avena, centeno y veza, si bien para estos cultivos se han tenido en cuenta otras cuestiones relacionadas con su aceptación en el mercado.

La única restricción relacionada con las actividades ganaderas que se incluye en el modelo es la que limita la cabaña ovina en función de la carga ganadera que soportan los pastos y rastrojeras de las comarcas consideradas. A partir de los datos del Censo Agrario de 1982 y de Peña (1987) este límite se ha fijado en 300.000 cabezas de ganado ovino.

Las ecuaciones de producción ofrecen las producciones agrícolas totales de Tierra de Campos que se venden en el mercado. Para cultivos como trigo en secano, centeno, veza, trigo en regadío y remolacha, sus producciones totales vendidas en el mercado se obtienen multiplicando la variable que ofrece la superficie total cultivada en Tierra de Campos (suma de las variables que cuantifican la superficie cultivada en cada tipología de explotación) por su rendimiento medio en el período 1976-1982. Por otra parte, se ha considerado que la alimentación del ganado se realiza exclusivamente con productos agrícolas de Tierra de Campos, por lo que las ventas de avena, cebada y alfalfa, se han calculado descontando

de sus producciones totales la parte que es consumida por el ganado.

Las ecuaciones de flujos monetarios ofrecen para cada actividad productiva el saldo entre los ingresos obtenidos y los costes variables de producción, que son distintos para cada tamaño de explotación. No se incorporan en estos costes conceptos como amortizaciones, remuneración de la mano de obra propia, intereses de capitales propios y ajenos y renta de la tierra. Tampoco, el coste de la mano de obra asalariada que se descuenta posteriormente.

Las restricciones de mano de obra se definen para períodos bimensuales y para cada tipología de explotación. Se ha supuesto que los empresarios agrícolas disponen para trabajar en sus explotaciones del mismo número de horas en cada período bimensual. Esta disponibilidad de mano de obra se puede incrementar con las variables que ofrecen la mano de obra ajena que contrata cada tipología de explotación en cada bimestre.

2.4. Objetivos

Los tres objetivos que se contemplan en el modelo, maximización del margen bruto (MB), minimización del riesgo (R) y minimización de la mano de obra ajena (MOA), se consideran de forma agregada para el conjunto de explotaciones agrarias del espacio geográfico delimitado.

La expresión que ofrece el margen bruto se obtiene sumando las variables de flujos monetarios y restando los costes del barbecho y de la alfalfa implantación de secano y los costes salariales de la mano de obra ajena.

El objetivo de aversión al riesgo se formula mediante la aproximación lineal MOTAD (Hazell, 1971). La variabilidad de los ingresos se minimiza en las 8 orientaciones productivas y no en las 29 tipologías de explotación. Esta simplificación se puede realizar al estar definidas en cada orientación las mismas actividades productivas, independientemente de su dimensión, y al no depender tampoco los ingresos unitarios del tamaño de la explotación, ya que tanto los precios como los rendimientos son constantes. Para el período 1976-1982, ambos inclusive, se calculó la desviación absoluta de los ingresos con respecto a la media.

Se ha considerado interesante contrastar la validez de un objetivo que exprese la aversión de los agricultores a contratar mano de obra de fuera de la explotación. La mano de obra total contratada en el ámbito comarcal se obtiene sumando la que se emplea en cada período bimensual y en cada una de las 29 tipologías de explotación. Se ha optado por no hacer distinción entre mano de obra ajena fija y eventual, de forma que toda la mano de obra que pueden contratar las explotaciones es eventual, es decir, se tiene la posibilidad de utilizar mano de obra en unos períodos y en otros no. En las soluciones se comprueba que los errores que se cometen por realizar esta aproximación son despreciables, ya que en las explotaciones de mayor dimensión, que son las que más empleo fijo contratan, las variables que expresan la mano de obra ajena se comportan como mano de obra fija.

3. DATOS UTILIZADOS

La información necesaria para el planteamiento de este modelo se puede agrupar bajo los siguientes epígrafes: necesidades bimensuales de mano de obra de los cultivos y de las actividades ganaderas, raciones alimenticias anuales de las unidades ganaderas definidas, costes variables de producción, precios y rendimientos de las actividades productivas, coeficientes de riesgo del modelo MOTAD, y dotaciones de superficie (secano y regadío) y de mano de obra propia para cada tipología de explotación. Las principales fuentes consultadas para su obtención han sido: Censo Agrario de España (1982), Anuario de Estadística Agraria (1976 a 1982), informes técnicos y económicos de explotaciones agrarias de Tierra de Campos cedidos por Martiniano Peña, diversas publicaciones sobre alimentación del ganado y mecanización de las labores agrícolas. Un análisis detallado de estos datos puede consultarse en Alarcón (1994).

4. FUNCIONAMIENTO, VALIDACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO

Una vez construido el modelo que recoge las condiciones de trabajo de las explotaciones de Tierra de Campos en 1982

se procede a la evaluación de algunas medidas o actuaciones del Plan Tierra de Campos cuyo fin era mejorar la estructura económica agraria. Para ello se han seguido los siguientes fases:

- a) Obtención de soluciones eficientes en el modelo inicial mediante combinaciones de los objetivos considerados (maximización del margen bruto, minimización del riesgo y minimización de la mano de obra ajena). El método multiobjetivo NISE (non inferior set estimation) se utiliza para establecer las relaciones de intercambio existentes entre los objetivos de maximización del margen bruto y minimización del riesgo, y entre maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena. El método multiobjetivo de las ponderaciones se emplea para generar el conjunto de soluciones no dominadas cuando se consideran los tres objetivos al mismo tiempo. Una exposición de estas técnicas puede verse, entre otros, en Cohon (1978), Goicoechea *et al.* (1982), Zeleny (1982), Chankong, Haimés (1983), Ríos *et al.* (1989), Romero (1993).
- b) Comparación de las soluciones del modelo inicial con los datos observados en Tierra de Campos. Su finalidad es determinar las ponderaciones de objetivos que ofrecen los resultados más próximos a las producciones agrarias comarcales en 1982. Los datos de comparación han sido tomados del Censo Agrario de 1982.
- c) Modificación del modelo inicial, mediante variaciones en los coeficientes o en las disponibilidades de los recursos. Con ello se intenta reproducir los escenarios que hubieran existido de no haberse realizado inversiones en:
 - Concentración parcelaria
 - Transformación en regadío
 - Fomento de la ganadería
 - Ninguna de ellas.
- d) Obtención de soluciones eficientes en los modelos modificados por los métodos mencionados anteriormente. Se eligen las soluciones con las ponderaciones referenciadas en b).

- e) Comparación de los valores de objetivos y variables de decisión de las soluciones seleccionadas del modelo inicial y las soluciones de la misma ponderación de objetivos de cada modelo modificado. Este procedimiento permite cuantificar el impacto de cada una de las actuaciones del Plan Tierra de Campos (concentración parcelaria, transformación en regadío y fomento de la ganadería) y el impacto conjunto de las tres medidas.

4.1. Obtención de soluciones eficientes en el modelo inicial (modelo «con inversiones»)

Como primer paso en la utilización de los métodos de programación multiobjetivo se determina la matriz de pagos resolviendo el modelo para cada uno de los objetivos considerados de forma aislada. La matriz de pagos obtenida es:

186

Cuadro 1

MATRIZ DE PAGOS

	MB (10 ³ ptas.)	R (10 ³ ptas.)	MOA (10 ² horas)
MAX MB	10.450.140	19.550.990	82.285,43
MIN R	6.415.652	10.149.370	25.415,84
MIN MOA	8.118.885	13.962.120	8.509,841

En la matriz de pagos se observa un conflicto entre los objetivos de maximización del margen bruto y de minimización del riesgo y entre maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena: el máximo margen bruto se corresponde con valores elevados de riesgo y mano de obra ajena y los valores mínimos de riesgo y mano de obra ajena se alcanzan para márgenes brutos considerablemente inferiores al máximo.

Para medir el grado de aproximación de cada una de las soluciones obtenidas con los datos del Censo Agrario de 1982 se utiliza el índice estadístico Porcentaje de Desviación Abso-

luta (PAD) (7) que se ha calculado separadamente para los aprovechamientos agrícolas ($PAD_{\text{agricultura}}$) y para los ganaderos ($PAD_{\text{ganadería}}$). Hazell, Norton (1986) consideran que porcentajes de desviación absoluta inferiores a un 10 por ciento indican una buena precisión del modelo. La información disponible en el Censo Agrario de 1982 no ha permitido una comparación directa para cada cultivo, por lo que ha sido necesaria realizar la siguiente agrupación: barbecho, cereales de secano (trigo, cebada, avena y centeno), leguminosas y forrajeras de secano (veza y alfalfa), cereales de regadío (trigo y cebada), cultivos industriales de regadío (remolacha) y cultivos forrajeros de regadío (alfalfa).

Las soluciones obtenidas a partir del método NISE con los objetivos de maximización del margen bruto y minimización del riesgo se representan en el gráfico 1 y se detallan en el cuadro 2. Se puede ver como la combinación exclusiva de los objetivos de maximización del margen bruto y minimización del riesgo no genera soluciones próximas a los datos observados. La solución 6 es la que alcanza mejores índices: el $PAD_{\text{ganadería}}$ es aceptable (4,24 por ciento) aunque el $PAD_{\text{agricultura}}$ (17,56 por ciento) muestra una desviación significativa con respecto a los datos observados.

Las soluciones que proporcionan los mejores resultados en los índices $PAD_{\text{agricultura}}$ y $PAD_{\text{ganadería}}$ al aplicar el método NISE con los objetivos de maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena aparecen en el cuadro 3 y se representan en el gráfico 2. Destacan los puntos 1, 3 y 6 con índices PAD inferiores o próximos a un 10 por ciento. La combinación de los objetivos maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena genera soluciones próximas a los datos observados.

Las pendientes de los segmentos que unen los puntos eficientes del gráfico 2 representan las relaciones de intercam-

$$(7) \quad PAD = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i^o - X_i^m|}{\sum_{i=1}^n X_i^o} * 100$$

siendo X_i^o = valor observado del aprovechamiento i en el Censo Agrario de 1982.
 X_i^m = valor obtenido en el modelo para el aprovechamiento i.

bio entre los objetivos de margen bruto y mano de obra ajena, es decir, la cantidad de margen bruto que se gana si se aumenta en una unidad la mano de obra ajena. En el caso que se estudia las pendientes que se deben considerar son las de los segmentos que unen los puntos de mejor validación (1, 3 y 6): $24,00 * 10^3$ ptas./ 10^2 horas (segmento 1-6) y $17,75 * 10^3$ ptas./ 10^2 horas (segmento 6-3). Es decir, un aumento de una hora de mano de obra ajena origina un incremento de margen bruto que oscila entre 177,5 y 240 ptas./hora.

En el método de las ponderaciones con los objetivos de maximización del margen bruto, minimización del riesgo y minimización de la mano de obra ajena, se trabaja con una función que incluye los tres objetivos propuestos. Los coeficientes de ponderación que se asignan a los objetivos proporcionan, mediante parametrización, el conjunto de soluciones eficientes. Las combinaciones de pesos consideradas son el resultado de variar cada peso según números enteros de 1 a 5. En total se han obtenido 121 soluciones no dominadas que se han comparado con los datos del Censo Agrario de 1982 mediante los índices $PAD_{\text{agricultura}}$ y $PAD_{\text{ganadería}}$. La comparación de las soluciones con mayor grado de aproximación a la realidad figuran en el cuadro 4. Las soluciones con ponderaciones más altas en el objetivo de maximización del margen bruto son las que presentan menores desviaciones con respecto a los datos observados, y en particular $W_{MB} = 4$, $W_R = W_{MOA} = 1$ (8); $W_{MB} = 5$, $W_R = W_{MOA} = 1$ y $W_{MB} = 5$, $W_R = 2$, $W_{MOA} = 1$.

La mayor parte de las soluciones recogidas en el cuadro 4 proporcionan buenas aproximaciones en las actividades ganaderas, con índices $PAD_{\text{ganadería}}$ inferiores a un 10 por ciento, sin embargo, los índices $PAD_{\text{agricultura}}$ son más elevados. El punto con menores desviaciones en las actividades agrícolas es $W_{MB} = 5$, $W_R = W_{MOA} = 1$ con $PAD_{\text{agricultura}}$ del 12,38 por ciento. En el cuadro 5 aparecen los valores de los objetivos y de las variables de decisión para las mejores soluciones obtenidas por los métodos multiobjetivo utilizados.

(8) W_{MB} , W_R , W_{MOA} son, respectivamente, los coeficientes de ponderación de los objetivos maximización del margen bruto, minimización del riesgo y minimización de la mano de obra ajena.

Cuadro 2

COMPARACIÓN DE SOLUCIONES EFICIENTES CON LOS DATOS DEL CENSO AGRARIO DE 1982
(NISE MB - R)

Aprovechamiento	Censo valor	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 5		Solución 6	
		Valor	Desviación								
Barbecho (ha.)	51.034	56.442	5.408	53.236	2.202	56.089	5.055	56.716	5.682	54.955	3.921
Cereal sec. (ha.)	297.888	282.207	15.681	266.176	31.712	280.445	17.443	283.574	14.314	274.773	23.115
Fornajeras sec. (ha.)	22.930	32.851	9.921	52.089	29.159	34.965	12.035	31.210	8.280	41.774	18.844
Cereal reg. (ha.)	22.530	12.318	10.212	27.955	5.425	11.373	11.157	16.261	6.269	11.427	11.103
Industriales reg. (ha.)	3.298	5.411	2.113	9.526	6.228	5.162	1.864	6.449	3.151	5.176	1.878
Fornajeras reg. (ha.)	11.613	23.488	11.875	3.736	7.877	24.679	13.066	18.506	6.893	24.613	13.060
Ovino (UG)	28.586	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414
Bovino (UG)	22.406	19.800	2.606	0	22.406	63.508	41.102	9.288	13.118	22.912	506
Porcino (UG)	18.250	8.056	10.194	0	18.250	18.990	740	7.129	11.121	17.237	1.013
PAD agricultura			13,489114		20,181875		14,810906		10,894152		17,557349
PAD ganadería			20,528003		60,757921		62,470755		37,048323		4,2358684

Cuadro 3

COMPARACIÓN DE SOLUCIONES EFICIENTES CON LOS DATOS DEL CENSO AGRARIO DE 1982
(NISE MB - MOA)

Aprovechamiento	Censo valor	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 5		Solución 6	
		Valor	Desviación								
Barbecho (ha.)	51,034	57,671	6,637	52,189	1,155	58,631	7,597	54,299	3,265	58,307	7,273
Cereal sec. (ha.)	297,888	288,355	9,533	260,945	36,943	293,156	4,732	271,494	26,394	291,536	6,352
Forrajeras sec. (ha.)	22,930	25,474	2,544	71,076	48,146	19,713	3,217	52,783	29,853	21,657	1,273
Cereal reg. (ha.)	22,530	13,611	8,919	16,089	6,441	11,373	11,157	13,546	8,984	11,687	10,843
Industriales reg. (ha.)	3,298	2,977	321	3,091	207	5,162	1,864	3,047	251	4,901	1,603
Forrajeras reg. (ha.)	11,613	24,628	13,015	9,324	2,289	24,679	13,066	17,549	5,936	24,628	13,015
Ovino (UG)	28,586	30,000	1,414	23,522	5,064	30,000	1,414	30,000	1,414	30,000	1,414
Bovino (UG)	22,406	20,185	2,221	15,921	6,485	22,904	498	18,787	3,619	20,892	1,514
Porcino (UG)	18,250	18,213	37	10,169	8,081	22,851	4,601	14,915	3,335	19,609	1,359
PAD agricultura			10,097		23,254,979		10,171,931		18,246,831		9,860,622
PAD ganadería			5,303,1397		28,349,845		9,406,1408		12,085,151		6,191,929

Cuadro 4

COMPARACIÓN DE SOLUCIONES EFICIENTES CON LOS DATOS DEL CENSO AGRARIO DE 1982
(Método de las ponderaciones MB - R - MOA)

Aprovechamiento	Censo	Solución 2-1-1		Solución 3-1-1		Solución 3-1-2		Solución 3-2-1		Solución 4-1-1	
		Valor	Desviación								
Barbecho (ha.)	51.034	55.646	4.612	56.196	5.162	53.591	2.557	54.211	3.177	56.302	5.268
Cereal sec. (ha.)	297.888	278.232	19.656	280.976	16.912	267.956	29.932	271.056	26.832	281.510	16.378
Forrajes sec. (ha.)	22.930	37.620	14.690	34.329	11.399	51.036	28.106	46.234	23.304	33.688	10.758
Cereal reg. (ha.)	22.530	12.081	10.449	11.415	11.115	13.290	9.240	11.706	10.824	11.415	11.115
Industriales reg. (ha.)	3.298	4.603	1.305	5.173	1.875	3.061	237	5.250	1.952	5.173	1.875
Forrajes reg. (ha.)	11.613	24.533	12.920	24.628	13.015	23.780	12.167	24.259	12.646	24.628	13.015
Ovino (UG)	28.586	3.000	25.586	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414
Bovino (UG)	22.406	19.400	3.006	20.075	2.331	19.532	2.874	19.720	2.686	21.187	1.219
Porcino (UG)	18.250	11.767	6.483	17.733	517	12.879	5.371	7.983	10.267	18.928	678
PAD agricultura			15,546809		14,531888		20,092941		19,23683		14,270706
PAD ganadería			50,655671		6,155237		13,949626		20,748967		4,7817798

Cuadro 4 (Continuación)

COMPARACIÓN DE SOLUCIONES EFICIENTES CON LOS DATOS DEL CENSO AGRARIO DE 1982
(Método de las ponderaciones MB - R - MOA)

Aprovechamiento	Censo	Solución 4-1-2		Solución 4-2-1		Solución 5-1-1		Solución 5-1-2		Solución 5-2-1		Solución 5-2-2	
		Valor	Desviación										
Barbecho (ha.)	51.034	56.177	5.143	55.818	4.784	57.082	6.048	56.410	5.376	56.196	5.162	55.818	4.784
Cereal sec. (ha.)	297.888	280.887	17.001	279.086	18.802	285.412	12.476	282.055	15.833	280.976	16.912	279.087	18.801
Forrajes sec. (ha.)	22.990	34.437	11.507	36.595	13.665	29.005	6.075	33.035	10.105	34.929	11.399	36.595	13.665
Cereal reg. (ha.)	22.530	13.569	8.961	11.427	11.103	11.374	11.156	11.415	11.115	11.416	11.114	11.416	11.114
Industriales reg. (ha.)	3.298	3.020	278	5.176	1.878	5.163	1.865	5.173	1.875	5.173	1.875	5.173	1.875
Forrajes reg. (ha.)	11.613	24.628	13.015	24.613	13.000	24.679	13.066	24.628	13.015	24.628	13.015	24.628	13.015
Ovino (UG)	28.586	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414	30.000	1.414
Bovino (UG)	22.406	19.659	2.747	20.039	2.367	22.884	478	19.688	2.718	20.559	1.847	19.583	2.823
Porcino (UG)	18.950	17.527	723	17.237	1.013	21.038	2.788	17.993	257	17.733	517	15.674	2.576
PAD agricultura			13.658919		15.449079		12.383794		14.004393		14.531644		15.354454
PAD ganadería			7.0535224		6.9235435		6.7589036		6.3386384		5.456226		9.8394038

Gráfico 1

**Soluciones eficientes para margen bruto - riesgo
(Situación en 1982)**

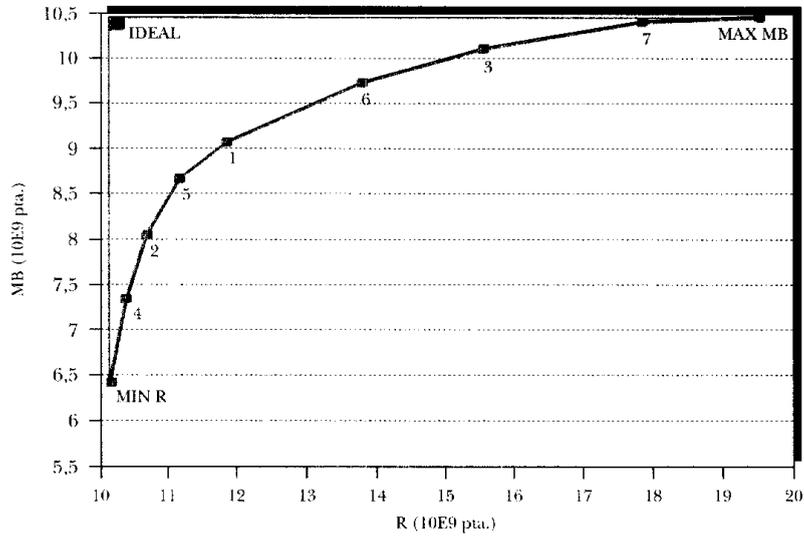
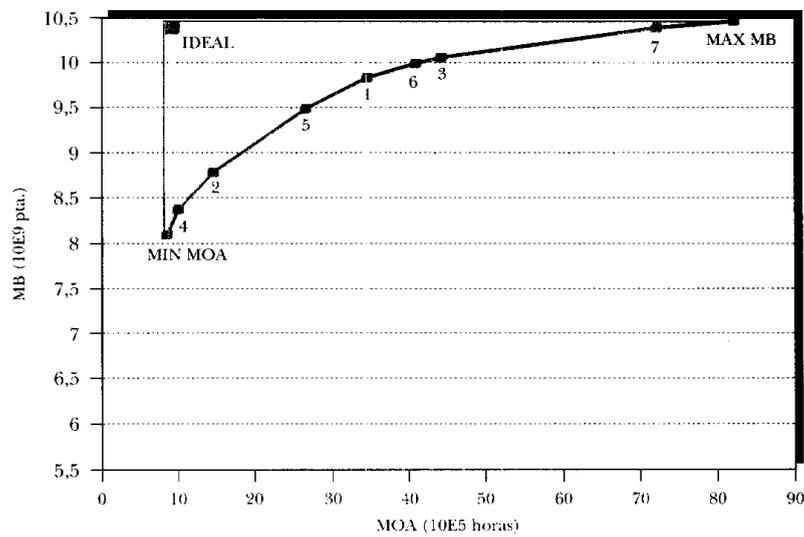


Gráfico 2

**Soluciones eficientes para margen bruto - mano de obra ajena
(Situación en 1982)**



Cuadro 5

VALORES DE OBJETIVOS Y VARIABLES DE DECISION (Situación en 1982)

Solución	Objetivos			Variables de decisión													
	MB 10E3 ptas.	R 10E3 ptas.	MOA horas	X _{1jk} ha.	X _{2jk} ha.	X _{3jk} ha.	X _{4jk} ha.	X _{5jk} ha.	X _{6jk} ha.	X _{7jk} +X _{8jk} +X _{9jk} ha.	X _{10jk} ha.	X _{11jk} ha.	X _{12jk} ha.	X _{13jk} +X _{14jk} +X _{15jk} ha.	X _{17jk} UG	X _{18jk} UG	X _{19jk} UG
Método Nise (MB-MOA)																	
1	9826671	15748193	3473193	57671	25267	213924	11856	7308	24279	1195	8379	5292	2977	24682	30000	20185	18213
3	10033357	16347317	4429345	58631	14447	266017	12692	0	19713	0	6636	4737	5162	24679	30000	22904	22851
6	9976216	16174863	4096187	58307	14447	262533	12076	2480	21657	0	6928	4759	4901	24628	30000	20892	19609
6	9731126	13806503	3872492	54955	36584	203369	12888	22132	0	41774	1074	10853	5176	24613	30000	22912	17237
Método de las ponderaciones (MB-R-MOA)																	
3-1-1	9761170	14013824	3711435	56196	30426	216389	11795	22366	0	34239	5978	5437	5173	24628	30000	20075	17733
4-1-1	9851419	14527269	3861309	56302	19916	227251	12135	22208	10853	22835	6228	5187	5173	24628	30000	21187	18928
4-1-2	9714382	14461345	3287612	56177	22818	224230	11638	22201	9463	24974	7713	5856	3020	24628	30000	19659	17327
4-2-1	9715292	13774190	3686894	55818	38315	205538	11792	22441	0	36595	1666	9761	5176	24613	30000	20039	17237
5-1-1	9948890	15169648	4133656	57082	14852	244651	12636	13273	11960	17745	6209	5165	5162	24679	30000	22884	21038
5-1-2	9835345	11750666	3752126	56410	21720	232310	11612	16383	11996	21039	5978	5437	5173	24628	30000	19688	17993
5-2-1	9750459	13921094	3737629	56196	34925	210854	11942	22556	0	34239	1661	9735	5173	24628	30000	20559	17733
5-2-2	9701149	13753147	3622719	55818	37366	206705	11653	23361	0	36595	1661	9735	5173	24628	30000	19583	15671

Cuadro 6

VALORES DE OBJETIVOS Y VARIABLES DE DECISIÓN
(Situación sin Concentración Parcelaria)

Solución	Objetivos			Variables de decisión													
	MB 10E3 ptas.	R 10E3 ptas.	MOA horas	X _{1jk} ha.	X _{2jk} ha.	X _{3jk} ha.	X _{4jk} ha.	X _{5jk} ha.	X _{6jk} ha.	X _{7jk} +X _{8jk} +X _{9jk} ha.	X _{10jk} ha.	X _{11jk} ha.	X _{12jk} ha.	X _{13jk} +X _{14jk} +X _{15jk} ha.	X _{17jk} UG	X _{18jk} UG	X _{19jk} UG
Método Nise (MB-MOA)																	
1	9415662	15206826	3699601	54751	15889	236001	12042	9835	20421	22557	8721	5129	2686	24680	30000	19047	17091
3	9667369	16249933	4895137	58604	14464	263976	13234	1348	19874	0	6896	4477	5162	24680	30000	22739	22907
6	9568949	15688256	4443091	58189	17374	251334	12500	9738	21379	985	7168	4477	4890	24680	30000	20490	18925
Método Nise (MB-R)																	
6	9378884	13797985	4299638	54799	32997	206255	12925	21820	0	42703	1049	10325	5162	24680	30000	22128	16070
Método de las ponderaciones (MB-R-MOA)																	
3-1-1	9427247	14071834	4192207	56676	27474	221294	12130	22480	0	31448	6458	4915	5162	24680	30000	19976	16718
4-1-1	9507122	14507876	4335364	57135	20390	231096	12447	21741	7094	21597	6458	4915	5162	24680	30000	20830	18434
4-1-2	9378239	14414558	3756530	55605	20437	224007	11765	21818	6979	30889	7340	6064	3472	24339	30000	19186	16622
4-2-1	9374838	13812218	4130149	56306	34976	211087	11972	23496	0	33663	1657	9747	5170	24641	30000	19277	16070
5-1-1	9591786	15075002	4589787	56978	16876	241407	12894	13613	10618	19015	6281	5093	5162	24680	30000	22664	20848
5-1-2	9520225	14858021	4225676	56287	18049	237373	11956	14061	11664	22111	6458	4915	5162	24680	30000	19151	17881
5-2-1	9419103	13978880	4281148	56743	33085	214949	12546	23131	0	31047	1641	9733	5162	24680	30000	20788	16863
5-2-2	9361062	13838016	4027280	55660	33917	209225	11915	23243	0	37541	1983	9871	5023	24339	30000	19084	16228

4.2. Evaluación de la concentración parcelaria

Los cambios que se introducen en el modelo para reflejar cuál hubiera sido la situación de las explotaciones de no haberse realizado la concentración parcelaria son consecuencia de las mayores necesidades de mano de obra mecanizada y de gas-oil para las labores agrícolas, ya que se hubiera tenido que trabajar en parcelas de menor dimensión (9). Estos cambios afectan a los coeficientes de mano de obra y a los costes de producción.

Las soluciones obtenidas a partir del método NISE con los objetivos maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena se representan en el gráfico 3. El valor de la relación de intercambios entre margen bruto y mano de obra desciende ligeramente en la zona de mejor validación (soluciones 1, 6 y 3): en el segmento 1-6 es de 234 ptas./hora (frente a 240 en el modelo inicial) y en el segmento 6-3 es de 171,5 ptas./hora (antes 177,5).

Los valores de los objetivos y de las variables de decisión obtenidos en este modelo modificado para los puntos de mejor validación en el modelo inicial se detallan en el cuadro 6. En el modelo inicial (con concentración parcelaria), todas las soluciones presentan mayor margen bruto y menor mano de obra ajena en relación con el modelo sin concentración parcelaria. El riesgo no tiene un comportamiento definido, en unas soluciones aumenta y en otras disminuye. No puede afirmarse por ello que la realización de la concentración parcelaria originase un aumento o disminución del riesgo en los planes de aprovechamientos.

En la solución 5-1-1 del modelo inicial se obtienen 357 mill. de ptas. más de margen bruto y 436.131 horas menos de mano de obra ajena en relación con la solución de la misma combinación de ponderaciones del modelo sin concentración parcelaria. Teniendo en cuenta que en esta zona de Tierra de Campos había en 1982, 10.431 explotaciones inferiores a 100 ha. (10), el aumento de margen bruto anual por explota-

(9) En el ámbito geográfico considerado se pasó de 440.733 parcelas en 1962 a 84.944 en 1982, y la parcela media se incrementó de 0,8 ha. a 4,8 ha.

(10) Las explotaciones mayores de 100 ha. apenas aumentan la dimensión de su parcela media por los trabajos de concentración parcelaria y, por tanto, los efectos económicos pueden considerarse despreciables.

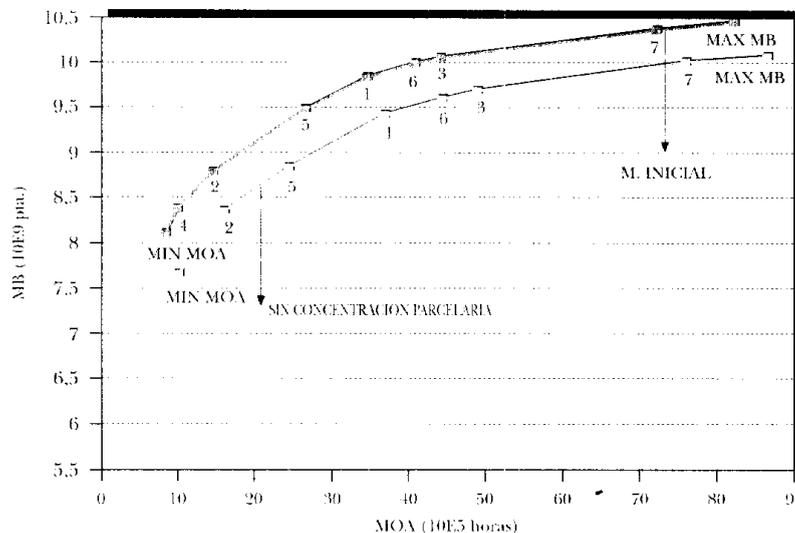
ción puede estimarse en 34.225 ptas. y la disminución de mano de obra en 42 horas por explotación y año.

En términos relativos, el margen bruto del modelo sin concentración parcelaria es un 3,6 por ciento inferior al margen bruto del modelo inicial (solución 5-1-1). En las explotaciones de hasta 10 ha. esta variación es de un 2,5 por ciento, en las de 10 a 50 ha. es de un 6 por ciento, en las de 50 a 100 ha. es de un 7,2 por ciento y en las mayores de 100 ha. la variación es insignificante. Es decir, la concentración parcelaria benefició en mayor medida a las explotaciones de 50 a 100 ha. y a las de 10 a 50 ha. La mano de obra ajena del modelo sin concentración parcelaria es un 10,6 por ciento superior a la mano de obra ajena del modelo inicial.

En cuanto a los valores de las variables de decisión la única diferencia importante que se percibe es un ligero aumento en la cuantía del ganado bovino y porcino. Esto se explica por la disminución de las necesidades de mano de obra en las actividades agrícolas, lo que permite una mayor dedicación a las actividades ganaderas. Las explotaciones donde se registran estos incrementos en el bovino y porcino son las de secano de 10 a 50 ha. y de 50 a 100 ha.

Gráfico 3

Soluciones eficientes para margen bruto - mano de obra ajena



4.3. Evaluación de la transformación en regadío

En los diez años de vigencia del Plan Tierra de Campos la superficie de regadío se duplica, pasando de unas 20.000 ha. a 41.217 ha. (11). Los cambios realizados en el modelo inicial para reproducir una situación en 1982 sin la transformación en regadío del Plan han consistido en reducir a la mitad las disponibilidades de superficie regable de las explotaciones que tienen regadío e incrementar en esta cantidad las disponibilidades de superficie de secano.

La aplicación del método NISE con los objetivos de maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena se representa en el gráfico 4. La curva de intercambios se desplaza hacia abajo especialmente en la zona de soluciones más intensivas en mano de obra ajena. La relación de intercambio entre el margen bruto y la mano de obra sería mayor si no se hubiese realizado la transformación en regadío: su intervalo de variación, sin aumento de superficie regable, es de 214,6 - 276,4 ptas./hora frente a 177,5 - 240,4 ptas./hora del modelo inicial. Es decir, una mayor disponibilidad de superficie regable origina una tendencia hacia una menor intensificación de los cultivos.

En el cuadro 7 se detallan los valores de objetivos y variables de decisión para las soluciones obtenidas en este modelo con las combinaciones de pesos de mejor validación en el modelo inicial. En todas las soluciones se producen disminuciones en el margen bruto y en la mano de obra ajena, en relación con las soluciones de la misma ponderación del modelo inicial. El riesgo presenta un comportamiento errático, por lo que tampoco se puede afirmar en este caso que los planes de aprovechamientos de los agricultores de Tierra de Campos sean más arriesgados como consecuencia de la transformación en regadío. En la solución 5-1-1 del método de las ponde-

(11) Peña (1987) señala que durante el período de actuación del Plan, hasta 1975, se pusieron en regadío 17.733 ha., de las cuales 11.605 ha. corresponden a la comarca inicial (Decreto 2755/65) sin ampliaciones. Otras 21.157 ha. (de éstas 11.707 en Tierra de Campos sin ampliaciones) estarían a punto de dominarse en 1975. En total se transformaron como consecuencia del Plan 23.312 ha. en Tierra de Campos (Decreto 2755/65), que Peña (1987) las califica de modestas en comparación con los grandiosos objetivos, pero de indudable significado en términos absolutos ya que suponen duplicar las de 1965. Las 41.217 ha. de regadío consideradas en el modelo se han tomado del Censo Agrario 1982, dado que no coincide el ámbito geográfico del modelo con la comarca original de Tierra de Campos.

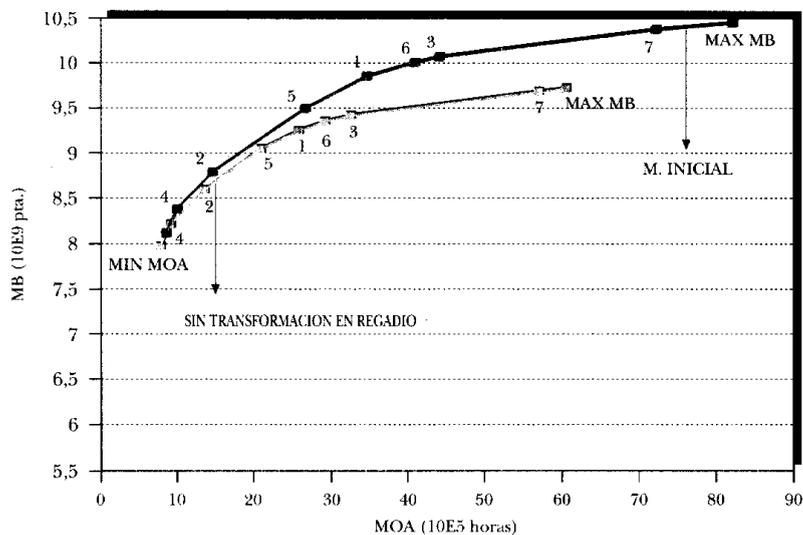
raciones el margen bruto disminuye en 638 mill. de ptas. y la mano de obra ajena en 1.209.510 horas.

El margen bruto del modelo sin transformación en regadío es un 6,4 por ciento inferior al margen bruto del modelo inicial (solución 5-1-1). En las explotaciones de hasta 10 ha. esta variación es de un 3,8 por ciento, en las de 10 a 50 ha. es de un 7,1 por ciento, en las de 50 a 100 ha. es de un 6 por ciento y en las mayores de 100 ha. de un 7 por ciento. Por tanto, la transformación en regadío supuso un mayor incremento relativo del margen bruto en las explotaciones de 10 a 50 ha. y en la mayores de 100 ha. La mano de obra ajena del modelo sin transformación en regadío es un 29,3 por ciento inferior a la mano de obra ajena del modelo inicial.

La disminución de la superficie de secano al transformarse parte de ella en regadío provoca una disminución de todos los cultivos de secano. La única excepción es la cebada que en algunas soluciones (5-1-1, por ejemplo) en vez de disminuir aumenta. Es decir, a pesar de que la superficie de secano desciende en 20.000 ha. en Tierra de Campos al transformarse en regadío, no se produce un retroceso en el cultivo de la cebada en secano.

Gráfico 4

Soluciones eficientes para margen bruto - mano de obra ajena



Cuadro 7

VALORES DE OBJETIVOS Y VARIABLES DE DECISIÓN
(Situación sin Transformación en Regadío)

Solución	Objetivos			Variables de decisión													
	MB 10E3 ptas.	R 10E3 ptas.	MOA horas	X _{1jk} ha.	X _{2jk} ha.	X _{3jk} ha.	X _{4jk} ha.	X _{5jk} ha.	X _{6jk} ha.	X _{7jk} +X _{8jk} +X _{9jk} ha.	X _{10jk} ha.	X _{11jk} ha.	X _{12jk} ha.	X _{13jk} +X _{14jk} +X _{15jk} ha.	X _{17jk} UG	X _{18jk} UG	X _{19jk} UG
Método Nise (MB-MOA)																	
1	9251427	15775947	2601574	58115	32243	239439	12153	6841	30483	12937	4769	1710	1788	12338	30000	21171	19368
3	9415635	16477686	3287936	59042	17408	269598	12711	0	24082	8375	4088	1617	2581	12338	30000	23062	24201
6	9346179	16654967	2944368	39642	17092	268565	12230	324	29553	4704	4769	1715	1782	12338	30000	21442	21486
Método Nise (MB-R)																	
6	9023176	13577490	2735868	58007	63952	189221	12565	21297	0	44069	820	4866	2581	12338	30000	22531	20112
Método de las ponderaciones (MB-R-MOA)																	
3-1-1	9108704	1400072	2560985	57655	33382	213982	11865	25913	2694	43489	3332	2334	2581	12338	30000	2033	17334
4-1-1	9228547	14528290	2755475	38575	25580	229988	12229	25072	10005	30651	3104	2382	2581	12338	30000	21357	21387
4-1-2	9068529	14267880	2272979	55449	26794	213889	11867	24746	12211	47173	4125	2341	1891	12338	30000	20378	15407
4-2-1	9066087	13801624	2472351	37529	41733	299276	11922	24710	0	46941	820	4866	2581	12338	30000	20439	16214
5-1-1	9310562	15094800	2924146	39821	25330	242041	12679	19054	15153	18023	3104	2582	2581	12338	30000	23048	21985
5-1-2	9202791	14789466	2535838	37351	24636	230292	11951	20859	19043	27739	3400	2582	2284	12338	30000	20598	18227
5-2-1	9101862	14131255	2684873	58343	33770	220920	12262	24661	0	42056	2812	2873	2581	12338	30000	21982	19772
5-2-2	9013687	13757929	2415708	57641	40892	210628	11865	24821	0	46263	2253	3438	2573	12338	30000	20253	13952

Cuadro 8

VALORES DE OBJETIVOS Y VARIABLES DE DECISIÓN
(Situación sin Fomento de la Ganadería)

Solución	Objetivos			Variables de decisión														
	MB 10E3 ptas.	R 10E3 ptas.	MOA horas	X _{1jk} ha.	X _{2jk} ha.	X _{3jk} ha.	X _{4jk} ha.	X _{5jk} ha.	X _{6jk} ha.	X _{7jk} +X _{8jk} +X _{9jk} ha.	X _{10jk} ha.	X _{11jk} ha.	X _{12jk} ha.	X _{13jk} +X _{14jk} +X _{15jk} ha.	X _{17jk} UG	X _{18jk} UG	X _{19jk} UG	
Método Nise (MB-MOA)																		
1	9170526	14492397	2139998	53492	33949	207143	10178	13775	19319	43385	7869	4697	3039	14679	30000	14650	10320	
3	9578129	11887030	3011788	55068	32257	222172	10141	10468	25069	13425	7777	5783	3029	24627	30000	14650	10320	
6	9444656	14708171	2671019	51065	28929	211454	10143	8791	23247	41285	8782	4498	3055	21837	30000	14650	10320	
Método Nise (MB-R)																		
6	9040734	11827880	3316324	56040	144579	109274	10162	25177	0	35299	1071	10353	5176	24613	30000	14650	8097	
Método de las ponderaciones (MB-R-MOA)																		
3-1-1	9357698	13316649	2717392	51873	45716	193850	10129	21082	0	43313	3842	9688	3124	23476	30000	14650	7696	
4-1-1	9405443	13330682	2971794	53376	38717	203261	10128	24742	829	38426	7108	6091	3390	24628	30000	14650	10320	
4-1-2	9072087	13314788	2116954	54270	44890	191569	10131	24745	0	50951	7558	3974	3104	15535	30000	1465	8513	
4-2-1	9399966	13022970	3114938	53758	49810	184786	10139	24086	0	48051	1890	10603	4711	24013	30000	14650	7388	
5-1-1	9613608	13027145	3379246	55248	28087	215780	10116	24224	13151	26589	5615	5770	5173	24628	30000	14650	10320	
5-1-2	9341425	13629073	2590832	52852	33132	190941	10119	24072	3875	54013	7297	5693	3116	24607	30000	14650	10320	
5-2-1	9486412	13274786	3208322	55137	46061	194715	10171	24736	0	40682	2282	9791	4061	24532	30000	14650	10320	
5-2-2	9171110	13155657	2382985	54175	51177	184815	10137	24422	0	53144	3329	8517	3128	14562	3000	14650	7093	

El aumento de las necesidades de mano de obra al haber más superficie regable incide negativamente en las actividades ganaderas bovina y porcina, aunque de forma distinta en la tipología de las explotaciones de regadío: si no se hubiese realizado la transformación en regadío las explotaciones de 10 a 50 ha. (regadío) tendrían más ganado bovino, y habría más porcino en las de 10 a 50, 50 a 100 y mayores de 100 ha.

4.4. Evaluación de la política de fomento de la ganadería

Las modificaciones introducidas consisten en dos restricciones que limitan las cabañas ganaderas de bovino y porcino a las existentes en el año 1970 (12), teniendo en cuenta que antes de esta fecha se realizaron muy pocas inversiones relacionadas con esta actividad.

La aplicación del método NISE con los objetivos de maximización del margen bruto y minimización de la mano de obra ajena se representa en el gráfico 5. Al comparar las dos curvas de intercambio se aprecia como no es posible alcanzar, en la situación sin fomento de la ganadería, los niveles de mano de obra ajena de las soluciones de más margen bruto del modelo inicial. La relación de intercambio entre el margen bruto y la mano de obra ajena se incrementa situándose en el intervalo 391,7 - 516,2 ptas./hora. Una menor disponibilidad de recursos ganaderos provoca que los agricultores estén dispuestos a pagar más dinero para aumentar su margen bruto.

En el cuadro 8 se detallan los valores de objetivos y variables de decisión para las soluciones obtenidas en este modelo con las combinaciones de pesos de mejor validación en el modelo inicial. En todas las soluciones disminuye el margen bruto y la mano de obra ajena. El riesgo también disminuye en todas las soluciones obtenidas. En este caso sí puede afirmarse que se incrementa el riesgo en las explotaciones de los agricultores o que aumenta la variabilidad de sus ingresos al haber un mayor desarrollo de las actividades ganaderas. En la

(12) El ganado bovino se limita a 14.653 cabezas y el porcino a 41.141 cabezas.

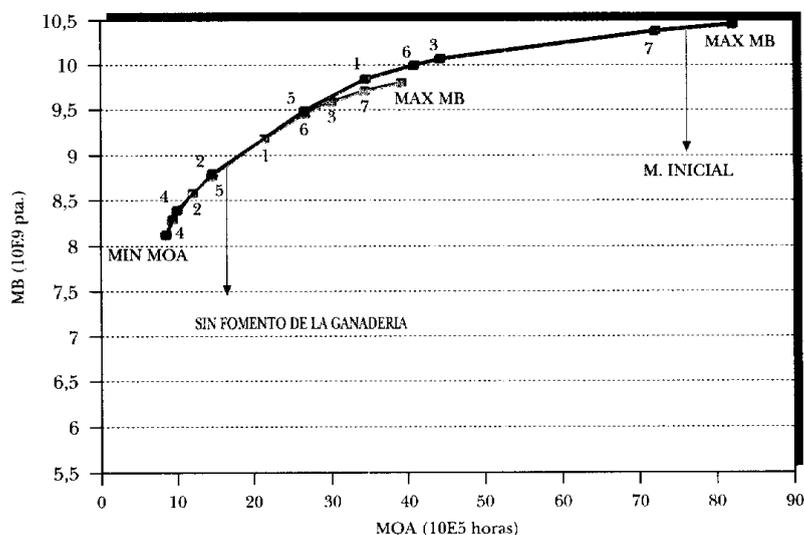
solución 5-1-1 del método de las ponderaciones el margen bruto disminuye en 335 mill. de ptas. y la mano de obra ajena en 754.410 horas.

El margen bruto del modelo sin fomento de la ganadería es un 3,4 por ciento inferior al margen bruto del modelo inicial. En las explotaciones de hasta 10 ha. esta variación es de un 1,2 por ciento, en las de 10 a 50 ha. es de un 4,1 por ciento, en las de 50 a 100 ha. es de un 3,6 por ciento y en las mayores de 100 ha. es de un 3,3 por ciento. En términos relativos, la medida de fomento de la ganadería repercute menos sobre el margen bruto que la concentración parcelaria y la transformación en regadío. La mano de obra ajena del modelo sin fomento de la ganadería es un 29,3 por ciento inferior a la mano de obra ajena del modelo inicial.

Las repercusiones sobre los cultivos por el desarrollo de la ganadería han sido un aumento de las superficies de cebada y avena y una disminución en trigo, centeno y alfalfa de secano. En regadío se aprecia un aumento de la alfalfa. El desarrollo del bovino es más acusado en las explotaciones de 50 a 100 ha. y en las mayores de 100 ha. de secano. En el porcino,

Gráfico 5

Soluciones eficientes para margen bruto - mano de obra ajena



además de las explotaciones anteriores hay que incluir las de 10 a 50 ha. Es decir, las explotaciones más pequeñas, hasta 10 ha. y de 10 a 50 ha., ya habían iniciado su intensificación por la vía de la ganadería antes del Plan, y las medidas de éste contribuyeron a que siguieran los mismos pasos las explotaciones de mayores dimensiones.

4.5. Evaluación del conjunto de inversiones

En este modelo se incluyen todas las modificaciones consideradas anteriormente, es decir, se aumentan los coeficientes técnicos y los costes de producción, se disminuye la superficie regable y se limitan las actividades ganaderas bovina y porcina.

Las soluciones del método NISE (margen bruto y mano de obra ajena) se representan en el gráfico 6. La curva de intercambios además de desplazarse hacia abajo se acorta. Se puede decir que las inversiones realizadas en Tierra de Campos han incrementado el margen bruto aunque esto ha supuesto un aumento de la mano de obra contratada. En el gráfico 6 se puede ver cómo en la situación sin inversiones no es posible alcanzar el nivel de ocupación de mano de obra ajena de las soluciones de mejor validación del modelo inicial (1, 3 y 6).

Otra consecuencia de estas inversiones ha sido la disminución de la relación de intercambios entre el margen bruto y la mano de obra ajena. Efectivamente, los segmentos 1-6 y 6-3 dan unos valores de 525,6 y 408,4 ptas./hora en la situación sin inversiones, frente a 234 y 171,5 pta/hora en la situación de 1982.

En el cuadro 9 se detallan los valores de objetivos y variables de decisión para las soluciones obtenidas en este modelo con las combinaciones de pesos de mejor validación en el modelo inicial. Se producen disminuciones en los tres objetivos: margen bruto, riesgo y mano de obra ajena. En la solución 5-1-1 del método de las ponderaciones, y en relación con el modelo inicial, se produce una disminución del margen bruto de 1.304,615 mill. de ptas. y la mano de obra ajena se incrementa en 1.657.014 horas. El riesgo aumenta en todas las soluciones obtenidas.

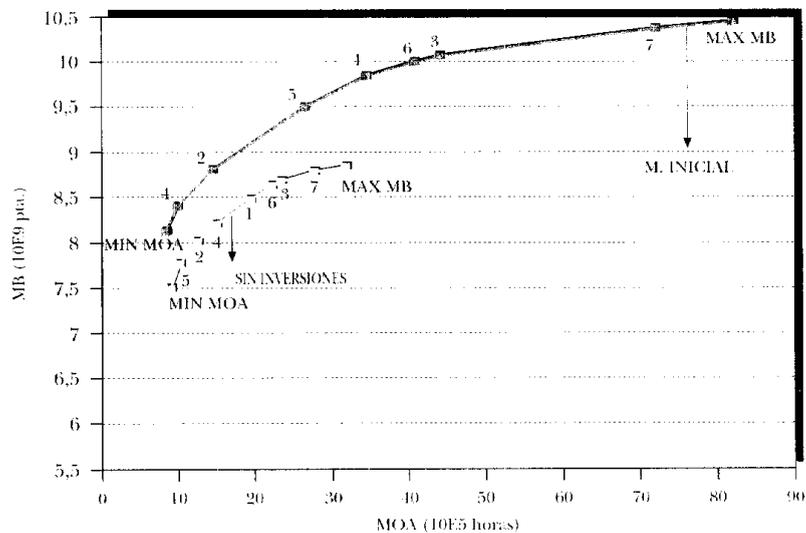
El margen bruto del modelo sin inversiones es un 13,1 por ciento inferior al margen bruto del modelo inicial. En las ex-

plotaciones de hasta 10 ha. esta variación es de un 7,2 por ciento, en las de 10 a 50 ha. es de un 18 por ciento, en las de 50 a 100 ha. es de un 16,6 por ciento y en las mayores de 100 ha. es de un 9 por ciento. Es decir, el conjunto de inversiones analizado benefició en mayor medida a las explotaciones de 10 a 50 ha. y a las de 50 a 100 ha. En las explotaciones hasta 100 ha. la medida que más contribuyó a incrementar el margen bruto fue, en primer lugar, la transformación en regadío, en segundo lugar, la concentración parcelaria y, en tercer lugar, el fomento de la ganadería. En las explotaciones mayores de 100 ha. la medida que más contribuyó a incrementar el margen bruto fue la transformación en regadío y, a continuación, el fomento de la ganadería.

La mano de obra ajena del modelo sin inversiones es un 40 por ciento inferior a la del modelo inicial. Esta variación es en las explotaciones hasta 10 ha. de un 86,7 por ciento, en las de 10 a 50 ha. de un 62,7 por ciento, en las de 50 a 100 ha. de un 49,2 por ciento y en las mayores de 100 ha. es de un 30,3 por ciento. Es decir, en términos relativos se incrementa más la mano de obra ajena en las explotaciones de pequeño tamaño.

Gráfico 6

Soluciones eficientes para margen bruto - mano de obra ajena



Cuadro 9

VALORES DE OBJETIVOS Y VARIABLES DE DECISION
(Situación sin inversiones)

Solución	Objetivos			Variables de decisión														
	MB 10E3 ptas.	R 10E3 ptas.	MOA horas	X _{1jk} ha.	X _{2jk} ha.	X _{3jk} ha.	X _{4jk} ha.	X _{5jk} ha.	X _{6jk} ha.	X _{7jk} +X _{8jk} +X _{9jk} ha.	X _{10jk} ha.	X _{11jk} ha.	X _{12jk} ha.	X _{13jk} +X _{14jk} +X _{15jk} ha.	X _{17jk} UG	X _{18jk} UG	X _{19jk} UG	
Método Nise (MB-MOA)																		
1	8473903	1473706	1983441	53821	37143	203248	18402	10315	28903	43609	4771	1394	1830	9280	30000	14650	8625	
3	8668775	14791628	2379497	54180	26671	218414	10589	15227	31334	35696	3053	1443	1771	12336	30000	14650	10920	
6	8622489	14699051	2266167	54322	29170	214950	10622	16872	26086	40731	5280	1582	1819	11269	30000	14650	10920	
6	8290873	12374253	2582844	57877	108317	144263	10240	26559	0	44856	820	4866	2581	12338	0	14650	10320	
Método de las ponderaciones (MB-R-MOA)																		
3-1-1	8462893	13361703	2152937	54271	45200	191085	10590	24479	0	66488	4247	2481	1832	12045	30000	14650	7194	
4-1-1	8539792	13599981	2256653	55827	41041	199010	10492	25188	1311	58842	4125	2371	1771	12338	30000	14650	10320	
4-1-2	8037768	13513935	1372979	53620	48445	184840	16013	18800	286	73781	4218	1409	1839	9466	22705	14650	8011	
4-2-1	8448000	13007383	2330643	54804	54045	183747	10568	24757	0	63292	877	4883	2553	12291	30000	14650	5770	
5-1-1	8644275	13920176	2476642	55716	30869	210814	10412	26485	14177	43638	3656	2067	2543	12338	30000	14650	10920	
5-1-2	8430056	13712678	1976683	53923	41563	192732	10662	24655	4264	67221	4733	1289	1858	9817	30000	14650	8427	
5-2-1	8523877	13281110	2369078	55225	48648	191947	10636	24891	0	60764	820	4866	2581	12338	30000	14650	8541	
5-2-2	8048296	13088593	1485536	54258	52176	184001	9566	25548	0	70181	1185	4072	1830	9898	23089	14650	5771	

Estos incrementos son consecuencia de los aumentos de necesidades de mano de obra, en primer lugar, de la transformación en regadío y, en segundo lugar, del fomento de la ganadería, a pesar de las disminuciones que origina la concentración parcelaria.

En cuanto a las variables de decisión se produce un ligero aumento del barbecho, de la avena, un aumento considerable de la cebada en secano, mientras que el trigo y la alfalfa de secano sufren una disminución importante. Como se ha visto en estas pequeñas variaciones la medida que más ha influido es el fomento de la ganadería. El aumento de la cabaña bovina se produce fundamentalmente en las explotaciones de secano de 50 a 100 ha. y mayores de 100 ha. El porcino se incrementa considerablemente en las explotaciones de secano de 50 a 100 ha. y mayores de 100 ha., y en menor medida en las de 10 a 50 ha.

5. CONCLUSIONES

Las técnicas multicriterio contribuyen a obtener una mayor precisión en la representación de las variables agrarias de un espacio geográfico y se han revelado satisfactorias para cuantificar algunos efectos económicos y sociales de las inversiones del Plan Tierra de Campos.

De las tres medidas analizadas la que más contribuyó a incrementar el margen bruto de las explotaciones ha sido, en primer lugar, la transformación en regadío, en segundo lugar, la concentración parcelaria y, en tercer lugar, el fomento de la ganadería. Los efectos económicos de la concentración parcelaria, por otra parte, repercuten sobre un mayor número de explotaciones.

Las explotaciones más beneficiadas por este conjunto de medidas fueron las de dimensión entre 10 y 50 ha. y entre 50 y 100 ha. El margen bruto agregado de la comarca hubiera sido un 13 por ciento inferior al de 1982 si no se hubiesen realizado las inversiones. La mano de obra ajena agregada de la comarca hubiera sido un 40 por ciento inferior a la de 1982 si no se hubiesen realizado las inversiones. A pesar de estas mejoras económicas, las realizaciones del Plan quedaron muy por debajo de las previsiones iniciales. □

ANEXO I

FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO

Restricciones y ecuaciones

Agronómicas

Ocupación

$$X_{1jk} + X_{2jk} + X_{3jk} + X_{4jk} + X_{5jk} + X_{6jk} + X_{7jk} + X_{8jk} + X_{9jk} = S_{jk}$$

(para todo j y para k = 1, 3, 4, 5)

$$X_{1jk} + X_{2jk} + X_{3jk} + X_{4jk} + X_{5jk} + X_{6jk} + X_{7jk} + X_{8jk} + X_{9jk} = S_{jk} + X_{16jk}$$

(para j = 1 y k = 2; para j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

$$X_{10jk} + X_{11jk} + X_{12jk} + X_{13jk} + X_{14jk} + X_{15jk} = SR_{jk} - X_{16jk}$$

(para j = 1 y k = 2; para j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

$$X_{10jk} + X_{11jk} + X_{12jk} + X_{13jk} + X_{14jk} + X_{15jk} > SR_{jk}/2$$

(para j = 1 y k = 2; para j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

Sucesión

Secano

$$X_{6jk} + X_{7jk} \leq X_{2jk} + X_{3jk} + X_{4jk} + X_{5jk}$$

$$X_{4jk} \leq X_{2jk} + X_{3jk}$$

$$X_{5jk} \leq X_{3jk}$$

$$X_{2jk} + X_{3jk} + X_{4jk} + X_{5jk} = 5 X_{1jk}$$

(para j = 1 y k = 1, 2, 3, 4, 5; para j = 2, 3, 4 y para todo k)

Regadío

$$X_{10jk} \leq X_{11jk} + X_{12jk} + X_{13jk}$$

$$X_{11jk} \leq X_{10jk} + X_{12jk} + X_{13jk}$$

$$X_{12jk} \leq X_{10jk} + X_{11jk} + X_{13jk}$$

$$X_{13jk} \leq X_{10jk} + X_{11jk} + X_{12jk}$$

(para j = 1 y k = 2; para j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

Frecuencia (13)

Secano

$$\begin{aligned} X_{7jk} + X_{8jk} + X_{9jk} &\leq S_{jk} * 5/9 && \text{alfalfa (n = 4 y m = 5)} \\ X_{2jk} &\leq (S_{jk} - X_{7jk} - X_{8jk})/2 && \text{trigo (n = 1)} \\ X_{3jk} &\leq S_{jk} - X_{7jk} - X_{8jk} && \text{cebada (n = 0)} \\ X_{4jk} + X_{5jk} &\leq (S_{jk} - X_{7jk} - X_{8jk})/10 && \text{avena y centeno (n = 9)} \\ X_{6jk} &\leq (S_{jk} - X_{7jk} - X_{8jk})/10 && \text{veza (n = 9)} \end{aligned}$$

(para todo j y para k = 1, 3, 4, 5)

$$\begin{aligned} X_{7jk} + X_{8jk} + X_{9jk} &\leq (S_{jk} + X_{16jk}) * 5/9 \\ X_{2jk} &\leq (S_{jk} - X_{16jk} - X_{7jk} - X_{8jk})/2 \\ X_{3jk} &\leq S_{jk} + X_{16jk} - X_{7jk} - X_{8jk} \\ X_{4jk} + X_{5jk} &\leq (S_{jk} + X_{16jk} - X_{7jk} - X_{8jk})/10 \\ X_{6jk} &\leq (S_{jk} + X_{16jk} - X_{7jk} - X_{8jk})/10 \end{aligned}$$

(para j = 1 y k = 2; j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

Regadío

$$\begin{aligned} X_{10jk} &\leq SR_{jk} - X_{14jk} - X_{15jk} - X_{16jk} && \text{trigo (n = 0)} \\ X_{11jk} &\leq SR_{jk} - X_{14jk} - X_{15jk} - X_{16jk} && \text{cebada (n = 0)} \\ X_{12jk} &\leq (SR_{jk} - X_{14jk} - X_{15jk} - X_{16jk})/4 && \text{remolacha (n = 3)} \\ X_{13jk} + X_{14jk} + X_{15jk} &\leq (SR_{jk} - X_{16}) * 4/10 && \text{alfalfa (n = 4 y m = 6)} \end{aligned}$$

(para j = 1 y k = 2; j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

Otras restricciones agronómicas

$$\begin{aligned} 3 X_{7jk} - X_{8jk} &= 0 \\ 3 X_{9jk} - X_{8jk} &= 0 \end{aligned}$$

(para j = 1 y k = 1, 2, 3, 4, 5 y para j = 2, 3, 4 y para todo k)

$$\begin{aligned} 4 X_{13jk} - X_{14jk} &= 0 \\ 4 X_{15jk} - X_{14jk} &= 0 \end{aligned}$$

(para j = 1 y k = 2; j = 2, 3, 4 y k = 2, 6, 7, 8)

(13) Se ha utilizado la siguiente expresión para las restricciones de frecuencia:

$$X_i \leq S * m / (m + n)$$

siendo S la superficie ocupada por cultivos anuales, m el número de años que permanece un cultivo en una parcela y n el número de años que no se debe repetir el cultivo en la misma parcela.

Ganaderas

$$\sum_j \sum_k X_{17jk} = X_{17} \leq 3.000$$

En el modelo que reproduce la situación que existiría en 1982 si no se hubiesen realizado inversiones para fomentar la ganadería se limitan las cabañas ganaderas bovino y porcina a las que existían en 1970:

$$\sum_j \sum_k X_{18jk} = X_{18} \leq 1.465 \text{ (14.653 cabezas de ganado bovino)}$$

$$\sum_j \sum_k X_{19jk} = X_{19} \leq 645 \text{ (41.141 cabezas de porcino)}$$

Producciones

$$Q_i = R_i * X_i$$

(para i = 2, 5, 6, 10, 12)

$$R_3 * X_3 + R_{11} * X_{11} - CC_{17} * X_{17} - CC_{18} * X_{18} - CC_{19} * X_{19} = Q_C$$

(para cebada)

$$R_4 * X_4 - CAV_{17} * X_{17} - CAV_{18} * X_{18} = Q_A$$

(para avena)

$$R_7 * X_7 + R_8 * X_8 + R_9 * X_9 + R_{13} * X_{13} + R_{14} * X_{14} + R_{15} * X_{15} - CA_{17} * X_{17} - CA_{18} * X_{18} - CA_{19} * X_{19} = Q_A$$

(para alfalfa)

210

Flujos monetarios

$$P_i * Q_i - C_{i1} * X_{i1} - C_{i2} * X_{i2} - C_{i3} * X_{i3} - C_{i4} * X_{i4} = M_i$$

(i = 2, 4, 5, 6, 10, 12)

$$P_C * Q_C - C_{31} * X_{31} - C_{32} * X_{32} - C_{33} * X_{33} - C_{34} * X_{34} - C_{11,1} * X_{11,1} - C_{11,2} * X_{11,2} - C_{11,3} * X_{11,3} - C_{11,4} * X_{11,4} = M_C$$

(para cebada)

$$P_A * Q_A - C_{81} * X_{81} - C_{82} * X_{82} - C_{83} * X_{83} - C_{84} * X_{84} - C_{91} * X_{91} - C_{92} * X_{92} - C_{93} * X_{93} - C_{94} * X_{94} - C_{13,1} * X_{13,1} - C_{13,2} * X_{13,2} - C_{13,3} * X_{13,3} - C_{13,4} * X_{13,4} - C_{14,1} * X_{14,1} - C_{14,2} * X_{14,2} - C_{14,3} * X_{14,3} - C_{14,4} * X_{14,4} - C_{15,1} * X_{15,1} - C_{15,2} * X_{15,2} - C_{15,3} * X_{15,3} - C_{15,4} * X_{15,4} = M_C$$

(para alfalfa)

$$MU_{17} * X_{17} = M_{17} \text{ (para ganado ovino)}$$

$$MU_{18} * X_{18} = M_{18} \text{ (para ganado bovino)}$$

$$MU_{19} * X_{19} = M_{19} \text{ (para ganado porcino)}$$

$$C_{11} * X_{11} + C_{12} * X_{12} + C_{13} * X_{13} + C_{14} * X_{14} = C_1$$

$$C_{71} * X_{71} + C_{72} * X_{72} + C_{73} * X_{73} + C_{74} * X_{74} = C_7$$

Mano de obra

$$\sum_i mo_{ijkp} * X_{ijk} \leq MOP_{jk} + MOA_{jkp}$$

(para todo p, para j = 1 y k = 1, 2, 3, 4, 5; para todo p, para j = 2, 3, 4 y para todo k)

Otras ecuaciones

$$X_{ik} = \sum_j X_{ijk}$$

$$X_{ij} = \sum_k X_{ijk}$$

$$X_i = \sum_j \sum_k X_{ijk}$$

$$MOA_{jk} = \sum_p MOA_{jkp}$$

Objetivos

Margen bruto

$$M_2 + M_C + M_4 + M_5 + M_6 + M_A + M_{10} + M_{12} + M_{17} + M_{18} + M_{19} - C_1 - C_7 - C_{MOA} * MOA = MB$$

Riesgo

$$\sum_i desv_{ikn} * X_{ik} + N_{kn} \geq 0$$

(para todo n y k)

$$R_k = \sum_n N_{kn}$$

$$R = \sum_k R_k$$

Mano de obra ajena

$$MOA = \sum_p \sum_j \sum_k MOA_{jkp}$$

Notación

Actividades productivas (X_{ijk}) definidas en cada tipología de explotación

Dimensión Orientación	Hasta 10 ha. j = 1	De 10 a 50 ha. j = 2	De 50 a 100 ha. j = 3	Más de 100 ha. j = 4
Secano k = 1	i = 1...9	i = 1...9	i = 1...9	i = 1...9
Secano-regadío k = 2	i = 1...16	i = 1...16	i = 1...16	i = 1...16
Secano-ovino k = 3	i = 1...9 i = 17	i = 1...9 i = 17	i = 1...9 i = 17	i = 1...9 i = 17
Secano-ovino k = 4	i = 1...9 i = 18	i = 1...9 i = 18	i = 1...9 i = 18	i = 1...9 i = 18
Secano-ovino k = 5	i = 1...9 i = 19	i = 1...9 i = 19	i = 1...9 i = 19	i = 1...9 i = 19
Secano-regadío-ovino k = 6	-	i = 1...16 i = 17	i = 1...16 i = 17	i = 1...16 i = 17
Secano-regadío-ovino k = 7	-	i = 1...16 i = 18	i = 1...16 i = 18	i = 1...16 i = 18
Secano-regadío-ovino k = 8	-	i = 1...16 i = 19	i = 1...16 i = 19	i = 1...16 i = 19

Cultivos de secano: barbecho (i = 1), trigo (i = 2), cebada (i = 3), avena (i = 4), centeno (i = 5), veza para forraje (i = 6) y alfalfa (i = 7 -primer año-, i = 8 -en régimen, años segundo, tercero y cuarto-, i = 9 último año-). Cultivos de regadío: trigo (i = 10), cebada (i = 11), remolacha (i = 12) y alfalfa (i = 13 -primer año-, i = 14 -años segundo, tercero, cuarto y quinto-, i = 15 -último año-), superficie transformada en regadío que se cultiva en secano (i = 16). Actividades ganaderas: ovino lechero de raza churra (i = 17), vacuno lechero de raza frisona (i = 18) y porcino intensivo en ciclo cerrado (i = 19).

S_{jk} es la superficie de secano de la tipología jk .

SR_{jk} es la superficie de regadío de la tipología jk .

X_{ik} representa el valor de la actividad productiva i en cada orientación k .

X_{ij} indica el valor de la actividad i en las explotaciones de tamaño j .

X_i ofrece el nivel total alcanzado por cada actividad i .

Q_i indica la cantidad total producida por el cultivo i en Tierra de Campos y vendida en el mercado.

R_i es el rendimiento unitario del cultivo i , que se considera constante para las cuatro categorías de explotaciones e igual a la media del período 1976-1982.

Q_C es la cantidad de cebada no consumida por el ganado y vendida en el mercado.

CC_{17} es el consumo anual de cebada de una unidad de ganado ovino.

CC_{18} es el consumo anual de cebada de una unidad de bovino.

CC_{19} es el consumo anual de cebada de una unidad de porcino.

Q_A es la cantidad de avena no consumida por el ganado y vendida en el mercado.

CAV_{17} consumo anual de avena de una unidad de ovino.

CAV_{18} consumo anual de avena de una unidad de bovino.

Q_A es la cantidad de alfalfa no consumida por el ganado y vendida en el mercado.

CA_{17} consumo anual de alfalfa de una unidad de ovino.

CA_{18} consumo anual de alfalfa de una unidad de bovino.

CA_{19} consumo anual de alfalfa de una unidad de porcino.

M_i representa, para cada actividad productiva i , el saldo entre los ingresos (para toda la comarca) y los costes variables de los factores de producción (excepto mano de obra ajena), que son diferentes para cada tamaño de explotación.

P_i es el precio unitario del año 1982 para el producto i .

C_{ij} es el coste del cultivo i en las explotaciones de tamaño j en 1982.

MU_{17} , MU_{18} y MU_{19} son los márgenes brutos (sin descontar el coste en alimentación) de una unidad ganadera ovino, bovino y porcino, respectivamente.

C_1 y C_7 ofrecen, respectivamente, el coste del barbecho y de la implantación de alfalfa en el secano.

mo_{ijkp} expresa las necesidades de mano de obra de cada actividad en cada período p y en cada tipología jk .

MOP_{jk} expresa la disponibilidad bimensual de mano de obra propia (en la explotación de dimensión j y de orientación k).

MOA_{jkp} es la mano de obra ajena que se contrata en cada período p en las explotaciones jk .

MOA_{jk} se refiere a la mano de obra ajena contratada para cada tamaño de explotación j y para orientación k .

C_{moa} es el coste horario de la mano de obra contratada.

N_{kn} ($n = 1, \dots, 7$, cada uno de los años del período 1976-1982) es la desviación absoluta, con respecto a la media, del año n y en la orientación k .

$desv_{ikn}$ es la desviación del producto precios * rendimientos del año n respecto a la media del período para la actividad productiva i .

N_{kn} representa la desviación negativa de los ingresos, en relación con la media del período, del año n en la orientación.

R_k es la expresión del riesgo en la orientación k .

MB es el margen bruto agregado.

R expresa el riesgo del conjunto de actividades agrarias del ámbito comarcal considerado.

MOA es la mano de obra total contratada.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARIO, M. (1991): *Significado espacial y socioeconómico de la concentración parcelaria en Castilla y León*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ALARCÓN, S. (1994): *Evaluación del Plan Tierra de Campos mediante la aplicación de técnicas multicriterio*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- CAVERO, J. (1976): *Aspectos de los factores que determinan el desarrollo económico del regadío*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- CHANKONG, V. y HAIMES, Y. Y. (1983): *Multiobjective decision making. Theory and methodology*. North-Holland, Nueva York.
- COHON, J. L. (1978): *Multiobjective programming and planning*. Academic Press, Nueva York.
- CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL DE TIERRA DE CAMPOS (1962): *Programa para el desarrollo de Tierra de Campos*.
- FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, F. (1975). *Evaluación de los resultados económicos de los planes de Badajoz, Jaén y Tierra de Campos*. Instituto de Estudios Económicos, Madrid.
- GOICOECHEA, A.; HANSEN, J. R. y DUCKSTEIN, L. (1982): *Multiobjective decision analysis with engineering and business applications*. John Wiley and Sons, Nueva York.

- HAZELL, P. B. R. (1971): *A linear alternative to quadratic and semi-variance programming for farm planning under uncertainty*. American Journal of Agricultural Economics, 53(1): pp. 53-62.
- HAZELL, P. B. R. y NORTON, R. D. (1986): *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. MacMillan Publishing Company, Nueva York.
- HEADY, E. O. (1983): *Models for agricultural policy: the CARD example*. European Review of Agricultural Economics, 10(1): pp. 1-12.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (varios años): *Censo Agrario de España*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- KUTCHER, G. P. y NORTON, R. D. (1982): *Operations research methods in agricultural policy analysis*. European Journal of Operational Research, 10(4): pp. 333-345.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1978): *Tipificación de las comarcas agrarias españolas*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- NORTON, R. D. y SCHIEFFER, G. W. (1980): *Agricultural sector programming models: a review*. European Review of Agricultural Economics, 7(3): pp. 229-264.
- PEÑA, M. (1973): *El Plan Tierra de Campos y su realización*. Revista de Estudios Geográficos, 130: pp. 170-185.
- PEÑA, M. (1987): *Tierra de Campos. La integración de un espacio rural en la economía capitalista*. Universidad de Valladolid.
- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO (1965): *Estudio económico y social de Tierra de Campos*. Memoria. Comisaría del Plan de Desarrollo Económico.
- RÍOS, S.; RÍOS-INSUA, M. J. y RÍOS-INSUA, S. (1989): *Procesos de Decisión Multicriterio*. Eudema, Madrid.
- ROMERO, C. (1993): *Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Universidad, Madrid.
- ZELENY, M. (1982). *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill, Nueva York.

RESUMEN

A partir de un modelo estático, de programación lineal y multicriterio, se cuantifican los efectos sobre el margen bruto, sobre la mano de obra ajena y sobre el riesgo, de algunas medidas del Plan Tierra de Campos: concentración parcelaria, transformación en regadío y fomento de la ganadería. El modelo

funciona de forma agregada con 29 tipologías de explotación y 19 actividades productivas. La evaluación se realiza comparando la situación existente en 1982 con la que hubiera existido si no se hubiesen realizado las inversiones del Plan Tierra de Campos.

La medida de transformación en regadío fue la que más contribuyó a aumentar el margen bruto agregado de la comarca. Los efectos de la concentración parcelaria fueron menores pero repercutieron a un mayor número de empresas agrarias. Las explotaciones más beneficiadas fueron las de tamaños intermedios, entre 10 y 50 ha. y entre 50 y 100 ha. Los agregados margen bruto y mano de obra ajena se ha estimado que hubieran sido, respectivamente, un 13 y un 40 por ciento inferior si no se hubiesen realizado las inversiones analizadas.

PALABRAS CLAVE: Técnicas multicriterio, planes de desarrollo, políticas agrarias de estructura.

RÉSUMÉ

Les effets sur la marge brute, sur la main-d'oeuvre étrangère et sur le risque d'un certain nombre de mesures du Programme Tierra de Campos (remembrement agricole, transformation en terres d'irrigation, encouragement de l'élevage) sont évalués à l'aide d'un modèle statique, à programmation linéaire et multicritères. Ce modèle fonctionne d'une manière agrégée sur la base de 29 typologies d'exploitation et de 19 activités productives. L'évaluation se fait en rapportant la situation qui existait en 1982 à celle qui aurait existé si les investissements du Programme Tierra de Campos n'avaient pas été réalisés.

La mesure de transformation en terres d'irrigation est celle qui a contribué le plus à l'accroissement de la marge brute ajoutée de la région. Les effets du remembrement agricole ont été moindres, mais se sont répercutés sur un nombre plus élevé d'entreprises agricoles. Ce sont les exploitations de taille moyenne, entre 10 et 50 ha et entre 50 et 100 ha, qui ont bénéficié le plus de ces effets. Il a été estimé que les agrégats marge brute et main-d'oeuvre étrangère se seraient situés à 13% et à 40% respectivement si les investissements étudiés n'avaient pas été réalisés.

MOTS CLES: Techniques multicritères, programmes de développement, politiques agricoles de structure.

SUMMARY

The effects of some measures included in the Tierra de Campos Plan (consolidation of holdings, conversion to irrigated land and livestock promotion) on gross profit margin, outside manpower and risk are quantified using a linear programming and multicriteria static model. This model operates on an aggregate basis with 29 holding types and 19 productive activities. The evaluation consists of comparing the 1982 situation with the situation if investments considered in Tierra de Campos Plan had not been made.

The measure to convert to irrigated land was the step that most contributed to increasing the aggregate gross margin in the district. Consolidation of holdings was less effective but affected a larger number of farms. The holdings that most benefitted were medium-sized farms of from 10 to 50 ha and from 50 to 100 ha. It was estimated that the gross margin and outside manpower aggregates would have been 13 and 40 per cent lower, respectively, if the investments analysed had not been made.

KEYWORDS: Multicriteria techniques, development plans, structural agricultural policies.