



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

IMPACTO ECONOMICO DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS EN LA AGRICULTURA DE BARDENAS I

S. ZEKRI
L.M. ALBISU
R. ARAGÜES
J. HERRERO

COMUNICACIONES I.N.I.A.

SERIE: ECONOMIA

N. 36

1990

COMITE DE REDACCION

REDACTOR JEFE
Luis Miguel ALBISU

RECENSION DE LIBROS
Luis PEREZ Y PEREZ

Unidad de Economía y Sociología Agraria
Servicio de Investigación Agraria
Diputación General de Aragón
Apartado 727
50080 Zaragoza

REDACTORES ASOCIADOS EN ESPAÑA (1990-91)

Luis Vicente BARCELO
Dpto. Economía, Sociología y Política Agraria
ETS Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, 14
46022 VALENCIA
Política

Javier CALATRAVA
Departamento de Economía y Sociología Agrarias
Centro de Investigación y Desarrollo Agrario
Junta de Andalucía
Apartado 2027
18080 GRANADA
Métodos Cuantitativos

Julián BRIZ
Dpto. de Economía y Ciencias Sociales Agrarias
ETS Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria
28040 MADRID
Comercialización

Vicente CABALLER
Dpto. de Economía, Administración de Empresas
y Estadística
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, 14
46022 VALENCIA
Economía de la Producción

REDACTORES ASOCIADOS EN IBEROAMERICA (1990-91)

Alfonso MONARDES
CEDRA
José Toribio Media, 58
Santiago de Chile (Chile)
Sudamérica

Philip GARCIA
Department of Agricultural Economics
University of Illinois
305 Munford Hall
1301 W Gregory Drive
Urbana, IL 61801 (Estados Unidos)
Centro y Norte América

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS



IMPACTO ECONOMICO DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS EN LA AGRICULTURA DE BARDENAS I

S ZEKRI
L.M ALBISU
Unidad de Economía y Sociología Agraria
R. ARAGÜES
J HERRERO
Unidad de Suelos y Riegos
Diputación General de Aragón
Apartado 727. 50080 ZARAGOZA

*Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias
José Abascal, 56. Tfno. 441 31 93. Telex 48989 INIA E
28003 Madrid (España)*

MADRID - 1990

INDICE

	Pág.
RESUMEN	5
1. INTRODUCCION	5
1.1. Justificación	5
1.2. Objetivos y metodologías	10
2. SITUACION ACTUAL EN BARDENAS I	19
2.1. Objetivos del modelo	19
2.2. Datos disponibles	23
2.3. Especificación del modelo con sus restricciones	33
2.4. Resultados	36
3 ALTERNATIVAS AL PROBLEMA DE SALINIDAD EN BARDENAS I	46
3.1. Análisis económico del proyecto de recuperación de los suelos salinos	47
4. RESUMEN Y CONCLUSIONES	61
4.1. Resumen	61
4.2. Conclusiones	65
SUMMARY	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
ANEJOS	79
Anejo I. Necesidades de mano de obra de los cultivos	81
Anejo II. Precios de productos y factores	85
Anejo III. Gastos variables de los cultivos	89
Anejo IV. Margenes brutos anuales de los cultivos	97
Anejo V. Necesidades mensuales de agua de los cultivos	107
Anejo VI. Planteamiento de la estacionalidad	111
Anejo VII. Ocupación de la superficie de regadío en Bardenas I	115
Anejo VIII. Solución y resultados	119

Edita: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

ISSN: 0214-0322

ISBN: 84-7498-357-6

NIPO: 252-90-023-1

Depósito Legal: M-23105-1990

Diseño: INIA

Imprime: INIA. José Abascal, 56. 28003 MADRID



IMPACTO ECONOMICO DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS EN LA AGRICULTURA DE BARDENAS

S. ZEKRI
L.M. ALBISU
R. ARAGÚES
J. HERRERO

RESUMEN

La acumulación de sales en los suelos es uno de los problemas que afecta a los regadíos en Bardenas. El objetivo de este trabajo es el analizar las pérdidas económicas actuales así como los futuros beneficios que resultarían con la recuperación de estos suelos salinos. Mediante la programación lineal multiobjetivo se intenta presentar la situación actual con los niveles de salinidad existentes. Utilizando la misma metodología se simula una situación futura suponiendo que no existiera salinidad. Finalmente se efectúa la evaluación económica de la rentabilidad del proyecto y se hace un análisis de sensibilidad.

PALABRAS CLAVE: Salinidad de suelos, recuperación, programas multiobjetivo, análisis económico.

1. INTRODUCCION

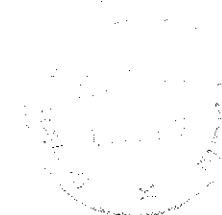
1.1. Justificación

La acumulación de sales en el suelo es uno de los principales problemas con los que se enfrenta la agricultura de regadío en las zonas áridas o semi-áridas. Esta acumulación es consecuencia del efecto combinado de un aporte de sales, con el agua de riego, y la evapotranspiración de los cultivos, que concentran las sales en el suelo. Con frecuencia, esta situación se ve agravada por un aporte adicional de sales proveniente del propio suelo y/o de las aguas subterráneas.

La excesiva concentración de sales en los suelos puede afectar a la productividad de los cultivos, a través del efecto osmótico, que afecta a la capacidad de la planta para absorber agua, y del efecto de toxicidad iónica específica, que afecta a algunos cultivos sensibles (AYERS y WESCOT, 1987).

Recibido: 27-1-89

Aceptado para su publicación: 25-4-89



Los efectos de la salinidad se manifiestan en el descenso de los rendimientos, en la necesidad de introducir cultivos más resistentes, que son en general menos rentables, y en cambios a técnicas de cultivo más costosas, como la instalación de drenajes. A largo plazo se añaden los efectos secundarios de salinización de los ríos y acuíferos (YARON, 1981).

La tolerancia de los cultivos a la salinidad depende de muchas variables. Algunos cultivos, como la remolacha, son más sensibles a la salinidad durante la germinación. Otros, como el maíz, la cebada y el trigo, son más sensibles durante la emergencia y primeras etapas de crecimiento, que durante la germinación y etapas posteriores de crecimiento y formación del grano. Para un mismo cultivo la sensibilidad puede variar según la variedad utilizada, como en los casos de cebada, trigo y arroz. Para los frutales hay diferencias, además de entre variedades, diferencias entre patrones, ya que representan un factor importante en la tolerancia a la salinidad. Otros factores influyen en la tolerancia de los cultivos a la salinidad, tales como la fertilidad, la humedad y la aireación del suelo. Asimismo factores ambientales como la temperatura, la humedad atmosférica y la contaminación (MAAS y HOFFMAN, 1977; GRIMES y WALLENDER, 1986).

La tolerancia de los cultivos a la salinidad se suele expresar como el descenso de rendimiento relativo, para un nivel dado de sales solubles en la zona radicular del cultivo, respecto al rendimiento bajo condiciones no salinas. Este es el criterio más significativo para el establecimiento de la tolerancia de cultivos a la salinidad, que viene definida, por la conductividad eléctrica umbral, o salinidad a partir de la cual desciende el rendimiento del cultivo, y por la pendiente, o descenso del rendimiento por incremento unitario de la salinidad por encima de dicho umbral (MAAS y HOFFMAN, 1977)

Generalmente el agricultor se enfrenta individualmente al problema de la salinidad e intenta resolverlo de forma particular. Cuando más grande es el área afectada por la salinidad, el problema empieza a ser considerado a nivel regional. Bien porque la agricultura represente un peso muy importante en la economía de la zona, o bien porque haya impactos secundarios de salinización de ríos y/o acuíferos, que centren la atención de las autoridades regionales (WICHELNS, 1986).

Este es el caso para el sistema de riego Bardenas I, donde la superficie afectada por la salinidad supone más del 20 p. 100 de la superficie regable (12.000 ha), de las cuales más de 9.500 ha son totalmente improductivas. El problema debe contemplarse de forma global, dadas las interacciones físicas e hidrológicas internas del sistema, y su impacto económico y social.

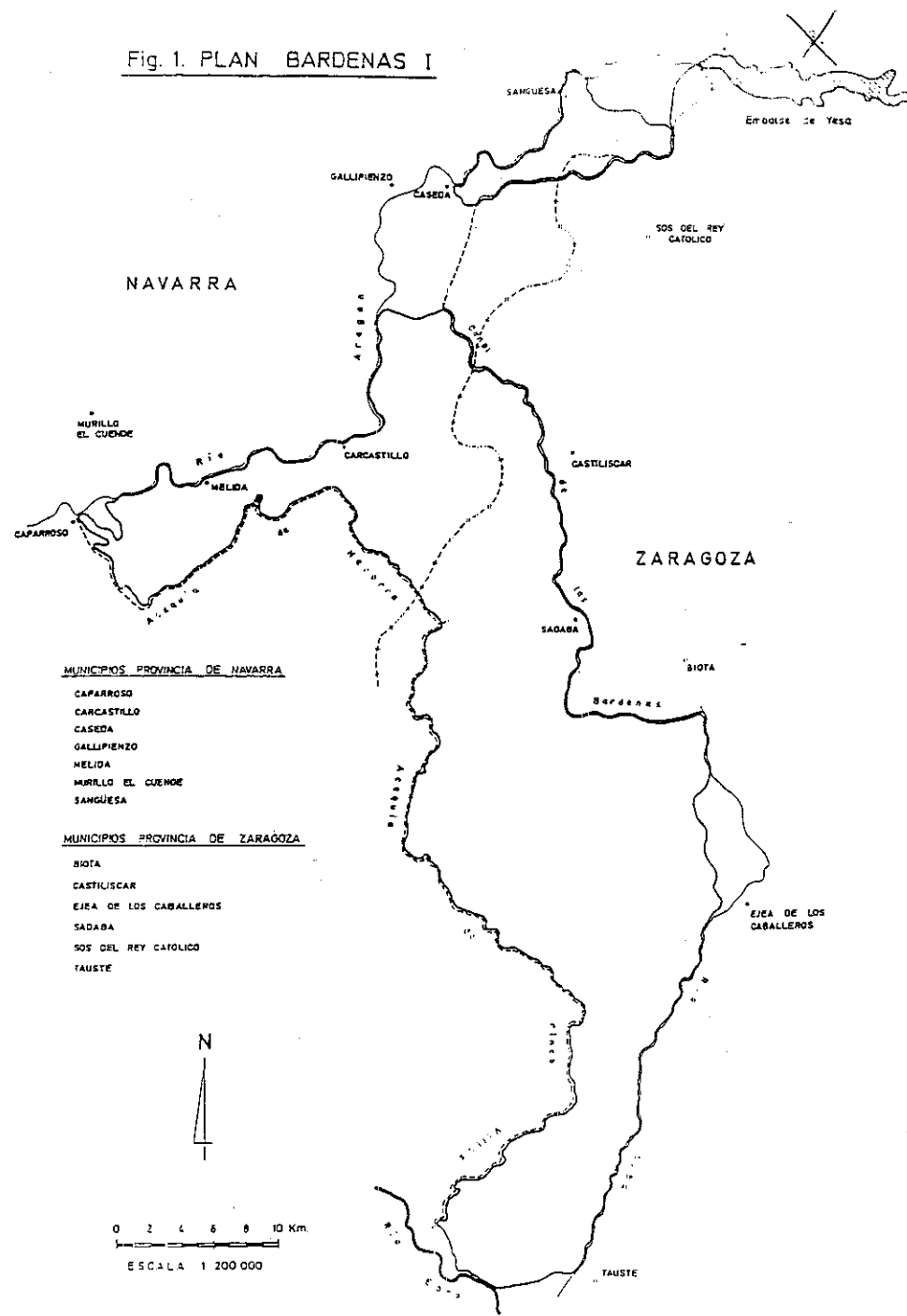
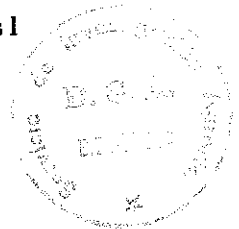


Fig. 1. Plan Bardenas I



Bardenas I forma parte del Valle medio del Ebro y se encuentra situado en el norte de Zaragoza y al sur de Navarra. La zona está limitada, al Norte por el río Aragón, al Oeste por las acequias de Navarra y de Cinco Villas, al Sur por el canal de Tauste, y al Este por el Canal de Bardenas y el río Arba de Luesia (Figura 1).

La superficie dominada es de 67.200 ha, con 56.760 has regables. Cerca del 80 p. 100 de la superficie regable está repartida entre seis municipios de la provincia de Zaragoza: Biota, Castiliscar, Ejea de los Caballeros, Sádaba, Sos del Rey Católico y Tauste. El resto de la superficie está repartida entre los municipios de Carcastillo, Céseda, Caparros, Gallipenzo, Mélida, Murillo del Cuende y Sangüesa, de la provincia de Navarra.

La puesta en regadío de la zona data de 1959, con aguas del río Aragón, a través del Canal de Bardenas, que comienza en el pantano de Yesa. La longitud del Canal de Bardenas es de 132 km. El caudal es de 60 m³/sg, en origen, y 30 m³/sg, en cola. La red de riego de Bardenas I consta con un total de cinco acequias principales, cuyas características quedan reflejadas en el Cuadro 1.

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES ACEQUIAS DE BARDENAS I

Canal acequia	Longitud total (km)	Caudal (m ³ /sg)	Punto de origen
Pardina	7	29,0	Bardenas
Navarra	36	8,7	Pardina
Cinco Villas	51	17,8	Pardina
Cascajos	23	7,8	Bardenas
Saso	11	7,5	Bardenas

Fuente: De los Ríos, 1966. Colonización de las Bardenas, Cinco Villas, Somontano y Monegros

El agua tiene una conductividad eléctrica que oscila alrededor de 0,3-0,4 ds/m, lo que significa que es de excelente calidad (AYERS y WESTCOT, 1987).

La evacuación de las aguas de drenaje se hace hacia el río Aragón, por la zona Norte, y hacia el río Riguel, que desemboca en el río Arba de Luesia, por la zona Sur. Los dos ríos, Aragón y Arba, desembocan en el río Ebro (Figura 1).

La agricultura de la zona se caracteriza por su gran dedicación al cultivo de cereales, ya que en 1986, la superficie dedicada a los cereales de invierno representaba el 30 p. 100 del total de la superficie y a maíz el 54 p. 100. Los cultivos forrajeros ocupaban el 10 p. 100, mientras que los cultivos hortícolas representaban el 5 p. 100 y los frutales apenas superaban el 1 p. 100 del total de la superficie regada.

El sistema del riego empleado en la zona es principalmente por gravedad. Los cereales y forrajes se riegan por inundación, mientras que los cultivos hortícolas se riegan por surcos. La mayor frecuencia posible de los riegos es entre 10 y 14 días. En cuanto al consumo de agua, estas cifras varían de una comunidad de regantes a otra y oscilan entre 4 000 m³/ha/año y 13 000 m³/ha/año, según cultivos, con un consumo medio para toda la zona de 9.500 m³/ha.

El 77,8% de la población ocupada se dedica a la agricultura. La mano de obra es esencialmente familiar, con ayuda mutua entre los agricultores, en periodos punta, y en casos excepcionales se cuenta con mano de obra eventual, esencialmente para algunos cultivos hortícolas. La zona dispone de un moderno parque de maquinaria, aunque sobredimensionado (AGUICANO *et al.*, 1986).

Los rendimientos de cultivos varían de una zona a otra y se ven muy afectados por la salinidad, pero no existe ninguna serie estadística, a nivel municipal o comarcal, que permita relacionar la extensión de la superficie salina en un municipio con el rendimiento de sus cultivos.

Según Martínez Beltrán (1978) el origen principal de la salinidad son las sales provenientes de la meteorización de la roca madre, en combinación con una salinización secundaria de las áreas con problemas de drenaje natural.

Los suelos salinos de la zona están caracterizados esencialmente por la presencia de cloruro sódico, pero también, según la formación geomorfológica, se encuentra el sulfato de magnesio asociado con el sulfato cálcico en considerables cantidades, así como los cloruros de magnesio y de calcio. En las formaciones yesíferas el sulfato cálcico es el mayor constituyente junto con el cloruro sódico.

Los suelos salinos de la zona se caracterizan por su baja conductividad hidráulica en los primeros 50 cm del suelo y su casi impermeabilidad a profundidades superiores a 1 m.

1.2. Objetivos y metodologías

El objetivo de este trabajo es analizar las pérdidas económicas anuales en Bardenas I derivadas de la salinización de sus suelos, así como los costes y beneficios derivados de su recuperación. Este análisis consta de las siguientes etapas:

- 1) Representación de la actual situación de la agricultura, mediante el modelo STEM de programación lineal multiobjetivo, con el fin de reflejar el impacto de los niveles de salinidad existentes sobre el margen bruto, el empleo, la estacionalidad del empleo y el riesgo de lograr un nivel crítico de margen bruto.
- 2) Evaluación de los costes que supone la recuperación de estos suelos, mediante el drenaje, el subsolado profundo, la aportación de yeso en el caso de suelos sódicos y el lavado de la zona radicular del suelo.
- 3) Simulación de la futura situación de la agricultura, mediante el método STEM, con la hipótesis de no existencia de salinidad. La comparación de este segundo modelo con el primero nos indicará los beneficios resultantes de la recuperación de los suelos salinos.
- 4) Análisis coste-beneficio del proyecto de recuperación de los suelos afectados por sales.

Durante las tres últimas décadas, la programación lineal ha sido utilizada para la preparación de decisiones económicas, especialmente aquellas caracterizadas por la complejidad de sus actividades y la interdependencia de sus efectos. Tal es el caso de la actividad agraria (CORDONNIER *et al.*, 1973).

La metodología fundamental utilizada para analizar el problema de la salinidad, esencialmente la salinidad del agua del riego, ha sido la programación lineal tradicional. Diversos autores han usado este tipo de metodología y algunos merecen ser destacados.

MOORE (1981), en su trabajo de la evaluación económica del impacto del riego con aguas salinas, en el marco de una explotación agrícola, del Valle Imperial de California, utilizó un modelo cuyo objetivo era estimar los efectos de la calidad y cantidad del agua en los ingresos monetarios de la explotación. En este trabajo se consideraban tres tipos de explotaciones, bajo cuatro niveles de salinidad del agua de riego, y tres hipótesis de oferta de agua. Las restricciones del modelo incluían la

disponibilidad de agua total en épocas punta y las restricciones máximas de superficies dedicadas a algunos de los nueve cultivos, debido a la comercialización, al control federal o al control fitosanitario. El resultado se presentaba mediante las pérdidas porcentuales de ingreso en función de la salinidad.

YOUNG y LEATHERS (1981), utilizaron la programación lineal para analizar el impacto económico de diferentes alternativas para reducir el agua de drenaje de las tierras regadas, en el gran valle del Oeste del Colorado.

HANKS y ANDERSEN (1981), presentaron un trabajo en el marco de una explotación agrícola, mediante el cual evaluaron el coste de diversas alternativas para reducir el agua de drenaje, mediante la mejora del riego, con el fin de reducir la descarga salina hacia el río Colorado.

DUDECK *et al.* (1981), presentaron un trabajo, para la programación del riego cuyos objetivos eran la reducción del agua del riego, la reducción del agua de drenaje, el incremento de los rendimientos, la reducción de los costes de producción y la mejora de la eficiencia en la explotación. Elaboraron un modelo a nivel regional y se optimizó bajo tres supuestos. La primera solución no tenía ninguna restricción en lo que se refiere a programación del riego. Esta solución representaba el nivel ideal para los agricultores, en el uso de los recursos y de los flujos de retorno de drenaje; servía para poder comparar con las dos otras soluciones. La segunda configuración del modelo suponía que todo el agua necesitada estaba determinada por un servicio de programación. La diferencia así resultante, entre el primero y el segundo modelo, servía como estimación del cambio potencial de la adopción de la programación del riego. La tercera configuración no tenía restricciones de agua, programada o no programada, y daba el nivel de programación que probablemente existiese si el servicio fuera ofrecido libremente.

GARDNER y YOUNG (1985), con el objetivo de estimar el beneficio del control de salinidad en la cuenca del río Colorado, elaboraron dos modelos de programación lineal. El primer modelo, reflejaba la producción a un nivel de salinidad de 800 mg/l, cuyo objetivo era aproximarse a la situación actual. El segundo modelo, con un nivel de salinidad de 1.100 mg/l, representaba la futura situación con máxima salinidad. La diferencia de ingreso neto entre los dos modelos daba una estimación de los beneficios del control de salinidad, y fue presentada en base al beneficio marginal de reducción de salinidad por mg/l.

Además, hay otros trabajos relacionados con el tema que se estudia, basados también en la programación lineal, MOORE *et al.* (1974),

DUDECK y HORNER (1981), LAUGHLIN y LACEWELL (1981) y GARDNER y YOUNG (1988)

Como se ha hecho constar la programación lineal se ha usado extensamente para analizar el impacto económico de la salinidad, pero presenta ciertos inconvenientes. Así, la programación lineal tradicional actúa como si el centro de decisión tuviera un único objetivo (generalmente maximizar el ingreso), sin afectar a otros factores. Además, las restricciones son rígidas y no pueden ser violadas bajo ninguna circunstancia. Ahora bien, en la vida real, los recursos disponibles no son tan rígidos como para imponer restricciones que no puedan ser violadas. Además, el agricultor o el centro de decisión se enfrenta con problemas que presentan diferentes objetivos, muchos de los cuales pueden entrar en conflicto. Muchos trabajos han sido realizados en este sentido, y se ha demostrado que el centro de decisión ha de tratar problemas con recursos escasos y múltiples objetivos (GASSON, 1973; HARMEN *et al.*, 1972; WILLIS y PERLACK, 1980; HARPER, 1984; SHAPIRO, 1984). Así, por ejemplo, un campesino en una agricultura de subsistencia puede estar interesado en maximizar el ingreso, minimizar el riesgo, asegurar el suministro mínimo de ciertos alimentos y cumplir sus obligaciones sociales (BARNETT *et al.*, 1982)

Recientemente, las técnicas de programación multiobjetivo han sido presentadas como alternativas a la programación lineal tradicional en el campo de la planificación agraria. No son muy numerosos los trabajos realizados en este sentido, a pesar de que la actividad agraria representa un campo idóneo para la aplicación de estos métodos. Entre otros trabajos podemos mencionar a: WHEELER y RUSSELL (1977), FLINN *et al.* (1988), BARNETT *et al.* (1982), BRUCE y BLAKE (1983), ROMERO y REHMAN (1984 y 1985), DOMINGO y ROMERO (1985), ALONSO e IRURETAGOYENA (1986), BOUZAHER y MENDOZA (1987), MAINO *et al.* (1987), ROMERO *et al.* (1987), BERBEL (1988).

ROMERO (1986) cita el uso de programación por metas en algunos de los trabajos relacionados con la planificación del uso del agua

En cuanto a la análisis económico del impacto de la salinidad del agua en la agricultura, ALBISU *et al.* (1988), han utilizado la Programación por Metas Lexicográficas (PML), con tres objetivos: maximizar el margen bruto global, minimizar el agua del riego y minimizar la mano de obra utilizada. Dos modelos PML fueron utilizados, el primero para aproximarse a la situación actual de la agricultura de la cuenca del Gállego, teniendo en cuenta el nivel de la salinidad del agua y una hipotética situación sin salinidad; mientras que el segundo recogía la

futura salinidad del agua. La diferencia entre las dos soluciones daba las pérdidas anuales causadas por la salinidad del agua del riego.

Hay un número considerable y creciente de técnicas propuestas y/o utilizadas para resolver problemas con objetivos múltiples. Estas técnicas son muy variadas y presentan un campo en rápida expansión. Para una aplicación detallada de los aspectos teóricos y operativos de los diferentes métodos se pueden consultar los trabajos de IGNIZIO (1976), COHON (1978), IGNIZIO (1982), CHANKONG y HAIMES (1983), WIERZBICKI (1983), FANDEL y SPRONK (1985), HARTLEY (1985), NIJKAMP y VOOGD (1985), FRENCH (1986), ROMERO y REHMAN (1989).

En el trabajo de COHON (1978) se presenta una clasificación de estos métodos, según el flujo de información en el proceso de decisión y según el contexto de toma de decisión (Figura 2). El trabajo de ROMERO y REHMAN (1984) expone las diferencias teóricas entre la programación por metas y la programación multiobjetivo.

En este trabajo utilizamos el método STEM (o STEP), que es un método multiobjetivo interactivo. Así, un primer modelo será construido para representar la situación actual de la agricultura con los niveles de salinidad existentes. Se intentará representar la futura situación, con un segundo modelo, suponiendo que no exista salinidad. Las diferencias entre los dos modelos, en cuanto a margen bruto y empleo de mano de obra, representan, las pérdidas actuales que está causando la salinidad.

La elección del método STEM ha sido basada en las ventajas que ofrecen los métodos interactivos en cuanto al tipo de información suministrada por el centro decisor. Los métodos interactivos no requieren ninguna información sobre las preferencias absolutas del centro decisor, respecto a sus prioridades de objetivos, coeficientes de ponderación y niveles de aspiración, sino informaciones sobre sus preferencias locales en base a una solución presentada por el analista y resuelta interactivamente. De esta manera se evita el problema de exigir la función de utilidad del centro de decisión.

El método STEM no exige ninguna información cuantitativa en cuanto al intercambio entre dos objetivos, como lo requiere el método presentado por GEOFFRION *et al.* (1972), que necesita del decisor la tasa marginal de sustitución entre un objetivo A y un objetivo B. El método presentado por ZIONTS y WALLENIUS (1983), exige una información en términos de intercambio entre dos objetivos, que presenta el analista al centro decisor y pide su opinión, si acepta o no dicho intercambio. Por lo tanto se destaca la sencillez del método STEM y su fácil manejo, desde el punto de vista algorítmico, en cuanto a la introducción de la información y las

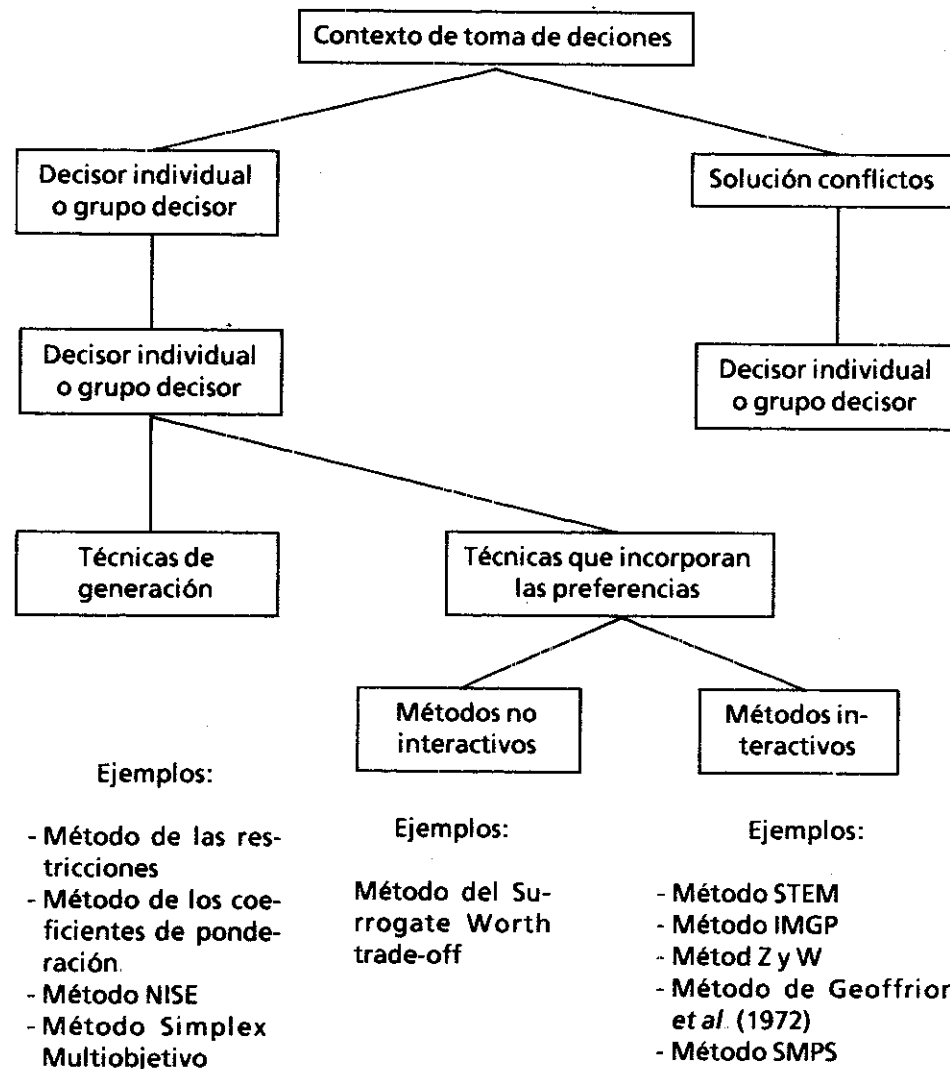


Fig 2. Clasificación de los métodos multicriterios según el contexto de la toma de decisión y el flujo de información.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cohon J.L., 1978 Multiobjective Programming and Planning.

preferencias del decisor en el modelo, así como la búsqueda de nuevas soluciones eficientes.

BENAYOUN *et al.* (1971), han propuesto el método STEP (o STEM), como un método multiobjetivo interactivo. Este método se lleva a cabo en dos fases: una fase de cálculo y una fase de decisión. La interacción entre el modelo y el centro de decisión, a través del analista, se hace únicamente en la segunda fase. En su planteamiento, este método parte del concepto distancia geométrica, correspondiendo la mejor solución con la menor distancia.

La formulación matemática de la programación multicriterio corresponde a:

$$\text{Opt } Z(X) = (Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_q(X))$$

Sujeto a,

$$X \in F$$

siendo,

X: vector de variables decisionales

F: conjunto de Restricciones

Z(x): funciones objetivas del centro de decisión

La primera etapa, en la fase de cálculo, consiste en la construcción de la tabla de ideales y anti-ideales. Esta, se obtiene optimizando cada objetivo separadamente, verificándose las restricciones del problema. Así el ideal de cada objetivo viene dado cuando se procede a optimizar dicho objetivo. El anti-ideal es el valor más pequeño o más grande, según que se maximice o se minimice el objetivo, respectivamente, que tomará este objetivo cuando se proceda a optimizar los otros objetivos.

La segunda etapa, en la fase de cálculo, consiste en la obtención de los pesos relativos de cada objetivo a partir de la tabla de ideales y antiideales. Este cálculo se hace de la siguiente manera:

Sea n_i la importancia relativa del objetivo i

$$n_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^q \alpha_i}$$

donde
$$n_i = \frac{Z_i^{**} - Z_i^*}{Z_i^{**}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sum C_{ij}^2}}$$
 cuando se minimiza el objetivo i

y
$$n_i = \frac{Z_i^* - Z_i^{**}}{Z_i^*} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sum C_{ij}^2}}$$
 cuando se maximiza el objetivo i (2)

siendo,

Z_i^* = Ideal del objetivo i

Z_i^{**} = Anti-ideal del objetivo i

C_{ij} = Coeficiente de la variable j en el objetivo i

Este proceso de cálculo de los pesos relativos de los objetivos utilizado por el método STEM tiene unas características que merecen ser mencionados. Primero, los pesos η_i no presentan las preferencias reales o efectivas del centro decisor, sino únicamente pesos normalizados. Segundo, la expresión (1) asegura que la suma de los η_i sea uno, necesidad muy práctica para comparar diferentes estrategias. Tercero, el primer multiplicando de la expresión (2) da relativamente más peso a los objetivos cuyas discrepancias entre el ideal y el anti-ideal son mayores. Finalmente, el objetivo del segundo multiplicando de la expresión (2) es el de normalizar los objetivos según la distancia Euclídeana L_2 (ROMERO y REHMAN, 1989).

La tercera etapa, en la fase de cálculo, es la obtención de la primera solución eficiente.

La solución se obtiene a partir del programa:

Min D
Sujeto a,
 $X \in F$

$n_i [Z_i^* - Z_i(x)] \leq D$ cuando se maximiza el objetivo i

ó
 $n_i [Z_i(x) - Z_i^{**}] \leq D$ cuando se minimiza el objetivo i

La fase de decisión tiene, como primera etapa, la presentación de la primera solución eficiente, que es comparada con el vector de ideales, por el centro de decisión. Pudiendo ocurrir que:

- Los objetivos no alcanzan valores satisfactorios y deba aplicarse otro método (COHON, 1978).
- Todos los objetivos cumplan niveles satisfactorios y la solución obtenida es la óptima.
- Algunos objetivos alcancen niveles satisfactorios y, entonces, se deba pasar a la segunda etapa de la fase de decisión.

La segunda etapa, en la fase de decisión, consiste en que el centro de decisión tiene que decidir cuáles son los objetivos que pueden ser empeorados o degradados, para que los objetivos no satisfactorios pueden ser mejorados. El centro de decisión tiene, también, que indicar el nivel de sacrificio posible de los objetivos satisfactorios.

Esta información lleva a imponer restricciones adicionales, fuera del conjunto de restricciones aplicadas, antes de generar una nueva solución eficiente.

$$Z_k(X) \geq Z_k^1 - \Delta Z_k \quad (3)$$

$$Z_j(X) \geq Z_j^1 \quad j = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, q$$

Donde,

$Z_k(X)$ es el objetivo satisfactorio

ΔZ_k es el nivel de sacrificio máximo que se permite para poder mejorar los otros objetivos.

$\{Z_1^1, Z_2^1, \dots, Z_q^1\}$ es la primera solución eficiente obtenida.

En función de estas informaciones, se procede a calcular, de nuevo los pesos relativos de los objetivos. Siendo, $\alpha_k = 0$ y $\eta_k = 0$.

Una vez hechos los cálculos, y añadiendo (3) al modelo, se procede a encontrar la solución eficiente. La solución, así obtenida, es nuevamente analizada por el centro de decisión que puede, otra vez, encontrarse en cualquiera de las situaciones (a), (b) o (c), de la primera etapa en la fase de decisión. Como resumen de este proceso de resolución se presenta, en la figura 3, un esquema de las diferencias etapas, recogido del trabajo de ROMERO y REHMAN (1989).

El análisis coste-beneficio es una de las técnicas más utilizadas para la evaluación de proyectos. Muchos trabajos pueden ser citados, pero se destacan sólo algunos que han aplicado estas técnicas en el campo de la planificación de los recursos de agua y/o del problema de salinidad.

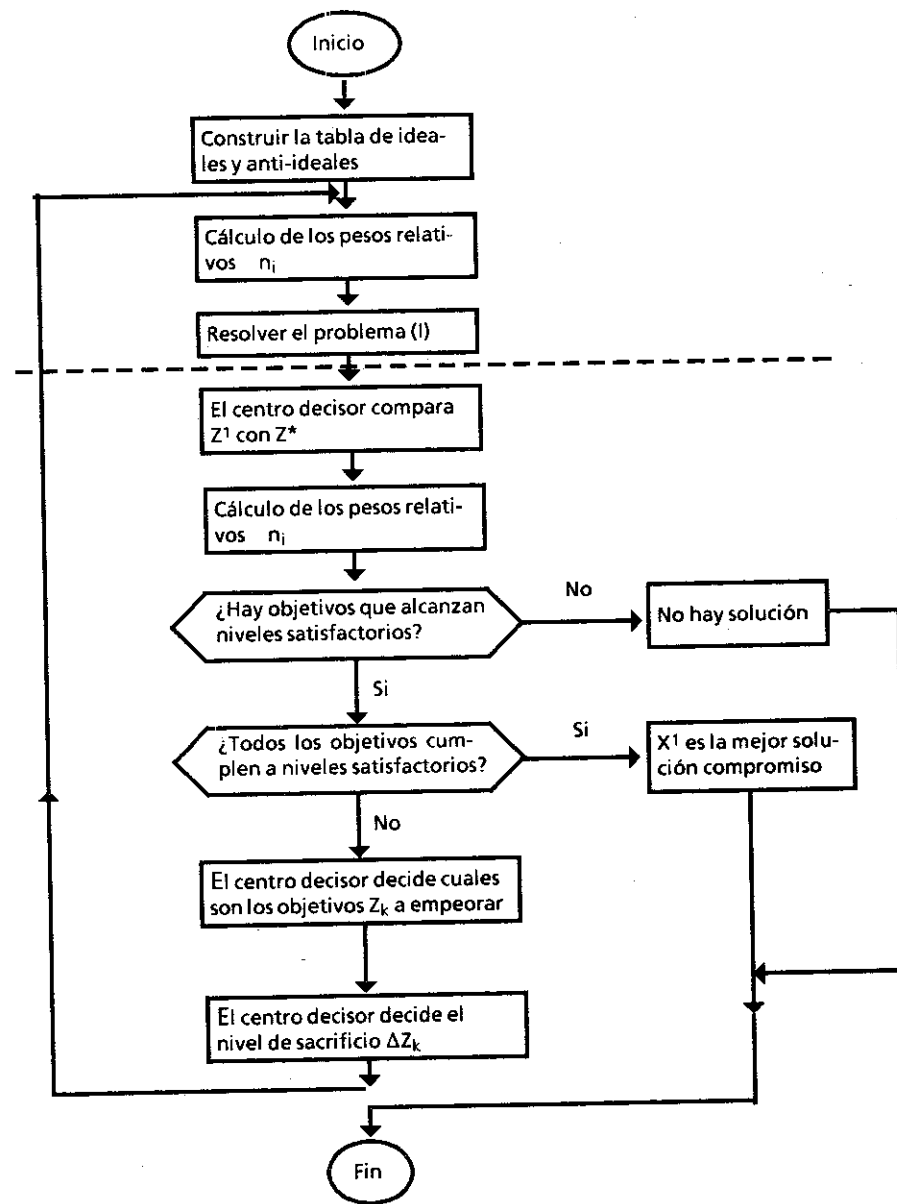


Fig 3 Las principales etapas del método STEM
 Fuente: Romero y Retman (en prensa). Multiple Criteria Decision Making Techniques for Agricultural Decisions.

CLINE (1983), en su análisis económico de 24 proyectos de transformación en regadío en el Nordeste de Brasil, ha utilizado un precio sombra para el factor trabajo, con el fin de mantener al menos el nivel de empleo existente antes del proyecto. Para el resto de los factores y los productos han sido utilizados los precios de mercado. La selección de los cultivos se hizo mediante la programación lineal.

SINHA y BORAH (1980), en su trabajo sobre la recuperación de suelos alcalinos en la India, han comparado la situación antes y después del proyecto. Esta comparación está basada en el incremento de los rendimientos. El ratio beneficio/coste ha sido utilizado como indicador de la viabilidad del proyecto.

GARDNER (1983), ha utilizado la programación lineal para la estimación de los beneficios y costes del control de salinidad del río Colorado. Estas estimaciones se hicieron a nivel de la explotación y sirvieron para analizar la viabilidad económica del control de salinidad a nivel nacional.

YOUNG y HAVEMAN (1985), en su revisión bibliográfica sobre aspectos económicos de los recursos ligados al agua, indicaban que el análisis coste-beneficio era la técnica predominante para evaluar las inversiones públicas.

En este trabajo el método STEM servirá para la estimación de los beneficios. Los costes de la recuperación de los suelos salinos están recopilados del trabajo de MARTINEZ BELTRAN (1986b) y actualizados a pesetas de 1987.

2. SITUACION ACTUAL EN BARDENAS I

2.1. Objetivos del modelo

Se han construido dos modelos lineales para representar la situación actual, uno para la zona regada por el canal de Bardenas I, en la provincia de Zaragoza, y el otro para la zona regada en la provincia de Navarra. Esta distinción ha sido necesaria por la diferente información referente a la salinidad.

Los modelos utilizados son multiobjetivos lineales, cuya resolución se ha procedido con el método STEM. Cuatro son los objetivos en cada modelo: maximización del margen bruto de la zona, maximización de la mano de obra total, minimización de la estacionalidad del empleo y minimización del riesgo

La maximización del margen bruto total y de los ingresos netos de diferentes zonas son objetivos que han sido utilizados en varios trabajos (DUDEK *et al.*, 1981; LAUGHLIN y LACEWELL, 1981; GARDNER y YOUNG, 1988). ALBISU *et al.* (1988), han maximizado el margen bruto, a nivel regional, dentro de un contexto multicriterio.

La maximización de la mano de obra es un objetivo muy importante en un análisis regional. Si nuestro modelo fuera la representación de una explotación entonces el objetivo tendría que ser la minimización del trabajo, ya que un agricultor tiende a buscar tiempo de ocio y reducir, cuando es posible, las horas de trabajo, cuando se trata de una explotación tipo familiar (BARNETT *et al.*, 1982). ALONSO e IRURETAGOYENA (1986), han maximizado la mano de obra en su modelo de planificación de una comarca, en la que se ha realizado una transformación de secano en regadío, para potenciar el empleo de mano de obra disponible.

En nuestro caso, para la presentación de la situación actual, la maximización del empleo de mano de obra nos permite tener una idea sobre el potencial máximo de absorción de mano de obra bajo las restricciones del modelo.

Una de las características del trabajo agrícola es el hecho que está suministrado de una manera continua, es decir, este input no puede ser almacenado para un uso ulterior, y por consiguiente, debe ser utilizado en el mismo período de su disposición. Se corresponde con uno de los principios de gestión, que es el utilizar plenamente y productivamente el factor trabajo durante todo el año agrícola (KAY, 1986).

Con la minimización de la estacionalidad del empleo, el objetivo es el uniformar lo más posible el empleo de la mano de obra a lo largo del año, a fin de aumentar su productividad, y disminuir las situaciones de paro encubierto. Matemáticamente este objetivo ha sido planteado con el método de HAZELL (1971), medido en términos de desviación absoluta respecto a la media, como alternativa a la programación cuadrática de la minimización de la varianza. El atractivo de este planteamiento es el poder resolverlo con programas lineales (ALONSO e IRURETAGOYENA, en prensa).

En este trabajo se ha dividido el año en 12 períodos, correspondiendo cada período a un mes. Para cada cultivo se calcula la media mensual de empleo de mano de obra, partiendo del número de horas anuales y la desviación mensual respecto a la media (Cuadro 30, Anejo VI).

Matemáticamente la minimización de la estacionalidad se presenta de la siguiente forma:

$$\text{Min} \quad \sum_{m=1}^{12} (S_m^+ + S_m^-)$$

Sujeto a:

$$X \in F$$

donde,

S_m^- = desviación positiva con respecto a la media en el mes m

S_m^+ = desviación negativa con respecto a la media en el mes m

F = conjunto de restricciones.

S_m^+ y S_m^- son positivos y miden la desviación absoluta en el empleo de mano de obra con respecto a la media. Además, únicamente una de las dos variables puede ser mayor que cero cada mes, ya que la desviación no puede ser positiva y negativa al mismo tiempo. Es decir, que no puede haber exceso y falta de mano de obra al mismo tiempo. A este planteamiento HAZELL (1971), ha dado el nombre de MOTAD (Minimization of Total Absolute Deviations) y ha demostrado que este planteamiento daba resultados casi idénticos a los de programación cuadrática para la minimización de la varianza. El modelo MOTAD permite una clasificación correcta de las diferentes alternativas (HAZELL y NORTON, 1986).

Una de las características de la actividad agrícola es la variación del ingreso de un año a otro. Esta variación es el resultado, esencialmente de la fluctuación de precios, con la excepción de los precios de los productos afectados por las políticas de precios de los gobiernos, y de los rendimientos. El tipo y severidad del riesgo en la agricultura varían según el sistema de explotación, las condiciones climatológicas, la política y las instituciones agrarias. Sin embargo, parece que el riesgo es común al sector agrario en la mayoría de los países y por lo tanto hay que tener en cuenta este aspecto en el modelo (HAZELL y NORTON, 1986; BOUSSARD, 1987).

Varios métodos han sido propuestos para tratar este tema, generalmente, relacionados con los criterios: media-varianza, teoría de los juegos y "safety-first".

Muchos autores alegan que el decisor está, generalmente, interesado en asegurarse un nivel mínimo de ingreso y por tanto ha de minimizar las desviaciones negativas respecto al nivel de logro crítico. Por el contrario no ha de minimizar respecto a la media, por no representar un nivel

adecuado para evaluar el riesgo, ya que los ingresos mayores que la media no suponen una preocupación para el decisor (FISHBURN, 1977; HOLTHAUSEN, 1981; TAUER, 1983; WATTS, *et al*, 1984)

La utilización de los modelos "safety-first" es muy común en la programación del riesgo. Estos modelos asumen que la probabilidad de no lograr un nivel crítico para el margen bruto es un elemento crucial, junto con el resultado esperado de la decisión. Son modelos bicriterios, en donde se maximiza el resultado y se minimiza el riesgo con respecto a un nivel de logro que el centro decisor considera crítico. Los modelos "safety-first" pueden plantearse de diferentes maneras (HAZELL y NORTON, 1986), pero independientemente del tipo de planteamiento, es necesario el conocer la probabilidad de fracaso de lograr el nivel crítico. Uno de los métodos, generalmente utilizado para la estimación de esta probabilidad, es la desigualdad de Tchebyshev:

$$\Pr [| X - E(X) | > KS] \leq 1/K^2$$

donde:

Pr(X): probabilidad del evento (X)

E(X): valor esperado del ingreso

S: desviación estándar

K: constante que indica el límite de probabilidad

Los límites de probabilidad resultantes de la utilización de esta desigualdad son considerados muy conservadores. ATWOOD (1985) ha propuesto una desigualdad general que utilice el momento parcial más bajo de Fishburn para mejorar los límites de probabilidad de Tchebyshev

$$\Pr (X < g) = \Pr [X(t - pQ(k, t)) \leq 1/p^k$$

donde:

X: variable aleatoria (aquí el ingreso)

g: valor crítico de la variable aleatoria (aquí el ingreso)

t: parámetro para la estimación de la probabilidad de fracaso siendo t > g.

p: constante mayor que cero.

Q(k, t): es la raíz K-ésima del momento parcial más bajo de Fishburn expresado de la siguiente manera:

$$Q(k, t) = [t \int_{-\infty}^t (t-x)^k f(x) dx]^{1/k}$$

Q(1, t) momento de orden 1 para t, es fácilmente incorporado en un programa lineal Berbel (1987) ha utilizado una combinación entre el Target MOTAD (Tauer, 1983) y la desigualdad de Atwood, para la

estimación de la probabilidad de fracaso de lograr un nivel crítico de ingreso g, expresado de la manera siguiente:

$$\Pr(X(g) \leq \frac{PAD}{n(t-g)})$$

donde,

PAD = desviación absoluta parcial; PAD/n sustituye el momento de primer orden Q(1, t)

n = número de años o periodos considerados

t = parámetro

g = valor crítico de ingreso que fija el centro decisor

La determinación de t se puede hacer con un análisis paramétrico, como en el trabajo de WATTS *et al*, (1984), o bien tomando el ingreso mínimo de los años cuando se maximice el ingreso.

Prácticamente, g se considera el nivel mínimo de ingreso, en explotaciones familiares, para cubrir los gastos fijos de la explotación y los costes de vida de la familia (HAZELL y NORTON, 1986).

2.2. Datos disponibles.

2.2.1. Superficies afectadas por la salinidad.

La obtención de datos sobre las extensiones afectadas por la salinidad proviene de dos mapas de suelos. El primero, a escala 1/50.000 (BASSO, 1988). Este mapa cubre toda la zona de Bardenas I y de una clasificación de sus suelos en 3 tipos, que siguiendo su nomenclatura son:

S₁: suelos sin problemas de salinidad

S₂: suelos con conductividad eléctrica entre 4 dS/m y 8 dS/m

S₃: suelos de conductividad eléctrica entre 8 dS/m y 16 dS/m

Se hace el planimetrage según la clase de suelo. Se han obtenido las superficies presentadas en el Cuadro 2, contrastando el mapa de suelos anteriormente referenciado con un mapa elaborado por el IRYDA, en el que se recogen los límites del regadío, y con otros mapas en los que viene la localización territorial de los municipios.

El segundo mapa, a escala 1/25.000 (RENASA, 1976), proporciona una información más detallada de la clasificación de los suelos en la zona

regable de la provincia de Navarra. En este mapa se distinguen 6 clases de suelos. Las 4 primeras clases no tienen problema de salinidad y se distinguen entre ellas por su pedregosidad y profundidad. Por lo tanto, cuando se hizo el planimetrage, se consideró el conjunto de esas 4 clases en un mismo grupo. La clase 5 representa las áreas salinas y está subdividida en tres subclases, que de acuerdo con su nomenclatura, son:

5n₁: suelos que necesitan ser lixiviados todos los años. La conductividad eléctrica oscila entre 2 dS/m y 4 dS/m.

5n₂: suelos moderadamente salinos, ligeramente sódicos. La conductividad eléctrica oscila entre 4 y 8 dS/m.

5n₃: suelos salinos, normalmente sódicos. La conductividad eléctrica es superior a 8 dS/m.

La clase 6 no se riega, ya que agrupa a laderas abruptas, las zonas con gran erosión y los mayores afloramientos rocosos.

Castiliscar y Sádaba son los dos municipios más afectados por la salinidad, con respecto a su superficie dominada, en la provincia de Zaragoza, Caparros y Murillo el Cuende son los dos municipios más afectados en la provincia de Navarra.

Se divide el análisis entre la zona de la provincia de Zaragoza y de la provincia de Navarra, ya que la información contenida en RENASA (1976), tiene una mayor calidad pero solamente se refiere a la provincia de Navarra.

2.2.2 Ocupación de la superficie regada por el Canal de Bardenas en la zona de Zaragoza

Se hace difícil asignar la superficie regada del Canal de Bardenas, en la zona de Zaragoza a los diferentes municipios, dado que, a veces, se puede encontrar más de un canal de regadío por municipio, o que hay regadíos antiguos, como en el caso de Tauste y de Ejea.

Por lo tanto, es necesario calcular la superficie regada por el Canal de Bardenas, en los municipios. Los datos obtenidos por el MAPA (1984, 1985 y 1986) dan una superficie de regadío de 49.509 ha como media entre 1984, 1985 y 1986. Hay superficies en Tauste y en Ejea que no están regadas por el Canal de Bardenas. En Tauste, 4.290 ha son regadas por el Canal de Tauste. En Ejea, 6.654 ha son consideradas de regadío antiguo.

Sustrayendo la superficie regada por el Canal de Tauste y la superficie de regadío antiguo de los 49.509 ha totales, resulta una superficie de 38.656 ha, que es la superficie regada por el Canal de Bardenas en la provincia de Zaragoza.

Sin embargo, según los datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro, la superficie regada por el Canal de Bardenas en la provincia de Zaragoza ascendía a 40.262 ha en las 3 últimas campañas (1985/86 a 1987/88).

La diferencia resultante de 1.679 ha se puede explicar, según informaciones de las comunidades regantes, por el hecho de que hay agricultores que están pagando el canon sin que en realidad rieguen estas tierras, por no perder sus derechos como regantes.

Por tanto, en este trabajo tomamos las 38.656 ha como la superficie regada total, dado que las 1.679 ha restantes son solamente regadas teóricamente.

Para determinar la superficie que ocupa cada cultivo, se ha supuesto que los cultivos están uniformemente repartidos en los regadíos antiguos, en el área regada por el Canal de Tauste y en la del Canal de Bardenas. Se toman datos de tres años (1984, 1985 y 1986), a fin de poder establecer la superficie y el intervalo de variación para cada cultivo.

Para una mayor claridad se exponen los cálculos efectuados en el caso de maíz, tomando el límite máximo y el mínimo:

- Superficie de maíz, en 1985, de la superficie regada en los municipios de Bardenas I, en Zaragoza. $\frac{27.419 \text{ ha}}{50.076 \text{ ha}} = 54,75\%$
- Superficie de maíz, en 1985, de la superficie regada por el Canal de Bardenas I, en Zaragoza. $54,75\% \times 38.656 \text{ ha} = 21.114 \text{ ha}$
- Superficie de maíz, en 1984, de la superficie regada en los municipios de Bardenas I, en Zaragoza. $\frac{21.708 \text{ ha}}{48.375 \text{ ha}} = 44,87\%$
- Superficie de maíz, en 1984, de la superficie regada por el Canal de Bardenas I, en Zaragoza. $44,87\% \times 38.656 \text{ ha} = 17.304 \text{ ha}$

De la misma manera se ha procedido para los cultivos que se consideran más representativos en la zona. Los resultados están recogidos en el Cuadro 3.

Para la distribución de los cultivos, en las tres diferentes clases de suelos (S_1 , S_2 y S_3) se ha determinado, primeramente, la superficie regable de cada clase de suelo. Los datos del planimetrage, recogidos en el Cuadro 4, indican que la superficie dominada era de 51.911 ha en la zona de Zaragoza. Según datos de ARBELLA *et al* (1980) la superficie ocupada por los pueblos, red viaria y la infraestructura hidráulica, en la zona de Zaragoza, es de 4.486 ha ($4.486/51.911 = 8,64\%$ de la superficie dominada).

De acuerdo con la información contenida en el Cuadro 2, la superficie dominada en la zona de Zaragoza, según la clase de suelos es:

$S_1 = 40.175$ ha
 $S_2 = 1.574$ ha
 $S_3 = 10.162$ ha

Según ARBELLA *et al* (1980), dentro de la clase S_3 hay unas 5.000 ha que no se pueden regar por excesiva pendiente, erosión o afloramiento rocosos.

Suponiendo que la superficie total de infraestructura esté uniformemente repartida entre las tres clases de suelos y disminuyendo en cada clase el porcentaje correspondiente (8,64%), se obtiene la superficie regable.

$S_1 = 36.704$ ha (86,81%)
 $S_2 = 1.438$ ha (3,39%)
 $S_3 = 4.274$ ha (10,1%)
 Total = 42.426 ha (100%)

Se ha supuesto que toda la clase S_1 está cultivada, para efectuar la distribución de la superficie regada total entre las tres clases de suelos. El resto de la superficie regada está repartida por orden de prioridad entre S_2 y S_3 . Por lo tanto las 38.656 ha regadas está repartidas, en las 3 clases de suelo, en:

$S_1 = 36.704$ ha
 $S_2 = 1.438$ ha
 $S_3 = 423$ ha
 Total = 38.565 ha

La diferencia entre el total de la superficie regable y el total de la superficie regada es de 3.861 ha, que eran de la clase S_3 , considerados como totalmente improductivos.

Según comunicaciones de los Agentes de Extensión Agraria, se ha considerado que los cultivos hortícolas y las plantaciones de frutales se localizan únicamente sobre suelos no salinos, es decir, en la clase S_1 . El maíz y la alfalfa se pueden encontrar en suelos ligeramente salinos, clase S_2 . Los suelos muy salinos, clase S_3 , están generalmente cultivados de cebada.

2.2.3. Ocupación de la superficie regada por el Canal de Bardenas en la zona de Navarra.

De los municipios de la provincia de Navarra incluidos en el plan de Bardenas I, se ha excluido el municipio de Caparroso, ya que únicamente el 1% de su superficie está regada por el Canal de Bardenas (véase Cuadro 2). Las superficies en estos municipios están regadas por el Canal de Bardenas. Los resultados se recogen en el Cuadro 4. La superficie regada total introducida en el modelo (8.444 ha) es la superficie media de los años 1984, 1985 y 1986.

En cuanto a la determinación de la superficie dominada, en cada suelo, se han tomado los datos de RENASA (1976):

Clase I = (Clase 1 + Clase 2 + Clase 3 + Clase 4)	= 8.375 ha
Clase 5n1	= 3.819 ha
Clase 5n2	= 1.762 ha
Clase 5n3	= 850 ha
Clase 6	= 1.269 ha
Total	= 16.075 ha

Según ARBELLA *et al* (1980) la superficie ocupada por obras es de 512 ha, 3,18% de la superficie total dominada. Los resultados se recogen en el Cuadro 5 para obtener la superficie regable. Se sustrae por tanto, un 3,18% de la superficie dominada en cada clase de suelo.

En cuanto a la distribución de los cultivos entre las diferentes clases de suelo, se supone que toda la clase I está cultivada, es decir, 8.108 ha. Como la superficie total regada es de 8.444 ha, entonces las 336 ha restantes son de la clase 5n1. Según informaciones de los Agentes de Extensión Agraria de la zona, la clase 5n1 sólo puede ser cultivada por cebada, trigo, alfalfa y maíz.

CUADRO 2
SUPERFICIE TOTAL, REGADA Y SALINA, POR MUNICIPIOS, EN BARDENAS I (ha)

	Zaragoza							Navarra							Total	
	Biota	Casti- liscar	Ejea	Sáda- ba	Sos	Tautes	Carcas- tillo	Cáse- da	Copa- rroso	Galli- pienzo	Meli- da	Murillo el C.	San- güesa	(ha)	%	
Superficie total del municipio	11.836	4.024	61.563	12.896	21.606	40.511	9.746	8.544	8.090	5.991	2.807	5.860	6.835	68.491	100,0	
Superficie regada (1)	2.379	1.373	27.497	8.105	2.063	11.542	4.699	2.631	1.300	229	1.554	3.317	1.342	68.491	100,0	
Superficie regada Canal de Bardenas (2) (ha)	3.753	1.289	19.921	7.017	1.737	6.357	3.878	1.208	13	224	1.124	2.060	1.548	50.129	73,2	
(%)		93,8	72,5	86,6	84,19	55,1	82,5	45,9	1	97,8	67,9	62,1	-	67.029	100,0	
Superficie dominada (3)	2.535	1.577	24.292	8.026	2.032	12.749	6.550	2.850	55	289	1.257	2.717	1.400	50.923	76,0	
S ₁	2.535	247	18.830	3.942	2.032	12.589	4.700	2.370	55	289	732	1.257	1.400	5.252	7,8	
S ₂			387	1.187			1.158	480			525	1.460		10.854	16,2	
S ₃		1.330	5.775	2.897		160	692	2.481	52	251	1.304	2.391	1.372	12.887	100,0	
Superficie dominada (4)							5.026	2.481	256	256	976	735	994	7.155	55,0	
(1 + 2 + 3 + 4)							2.608	1.386	52	256	328	516	378	2.252	17,5	
5n ₁							1.030	956	52	5		659		2.682	20,8	
5n ₂							1.188	139						798	6,2	
5n ₃																

Fuente: (1) MAPA, 1982. Mapa de cultivos y aprovechamientos de Zaragoza.

(2) MAPA, 1986. Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra.

(3) DGA, 1986. Estudio del inventario, delimitación, clasificación y demanda hídrica de los riegos en Aragón.

(4) BASSO L.A., La contribución de los afluentes de riego de Bardenas I, Monegros I y Cinca a la salinización de las aguas superficiales de la cuenca del Ebro. Tesis de Master. I.A.M.Z. Zaragoza.

(5) RENASA, 1976. Estudio de reconocimiento de detalle del sector XIII. Bardenas (Navarra).

CUADRO 3
SUPERFICIE REGADA POR EL CANAL DE BARDENAS, EN ZARAGOZA,
SEGUN LOS PRINCIPALES CULTIVOS

	1984		1985		1986		Media periodo	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Trigo	4.747	12,31	3.197	8,29	3.814	9,89	3.919	10,16
Cebada	8.098	21,00	7.516	19,49	7.474	19,38	7.696	23,36
Maíz	17.304	44,87	21.114	54,75	20.709	53,7	19.709	51,10
Total cereales (1)	30.198	78,30	32.203	83,5	32.192,5	83,47	31.531	81,76
Alfalfa	3.390	8,79	2.919	7,57	3.104	8,05	3.137	8,13
Total cultivos for. (4)	4.138	10,73	3.602	9,34	3.779	9,80	3.775	9,78
Coliflor	2,5		32		30		21,5	
Guisante	134		49		42,5		75	
Judía	21,5		14,5		17		17,5	
Patata	160	0,4	145,5		100		135	
Pimiento	678	1,76	813	2,11	859	2,23	783,5	2,03
Tomate	582	1,51	435	1,13	455	1,18	490,5	1,27
Cebolla	99,5		123,5		125		116	
Alcachofa	20		15,5		12,5		16	
Total hortalizas (3)	1.868	4,84	1.793	4,65	1.907	4,94	1.856	4,81
Manzano	43		35		36		38	
Peral	12,5		5,5		5,5		7,8	
Melocotón	45		26,5		27,5		33	
Total frutales (4)	466	1,21	235	0,61	231,5	0,6	311	0,81
Cultivos industriales	1.704	4,92	547	1,42	323	0,84	922	2,39
Leguminosas-grano	191	0,49	185	0,48	132	0,34	169	0,43
Total	38.565	100,00	38.565	100,00	38.565	100,00	38.565	100,00

(1) incluyendo otros cereales

(2) incluyendo otros cultivos forrajeros

(3) incluyendo otras hortalizas y patata

(4) incluyendo otros frutales

Fuente: MAPA, 1984, 1985 y 1986. Superficies ocupadas por los cultivos agrícolas (1-T). Elaboración propia



CUADRO 4
SUPERFICIE REGADA POR EL CANAL DE BARDENAS EN
NAVARRA, SEGUN LOS PRINCIPALES CULTIVOS

	1984		1985		1986	
	ha	%	ha	%	ha	%
Trigo	425	5,1	375	4,54	303	3,42
Cebada	2 536	30,77	2 303	27,91	2 145	24,26
Maiz	2 970	36,03	3 400	41,2	4 776	54,02
Total cereales	5 986	72,63	6 146	74,58	6 827	77,21
Leguminosas-grano	14	-	18	-	19	-
Patata	68	0,82	77	0,93	73	-
Total tubérculos consumo humano	68	0,82	77	0,93	73	-
Cultivos Industriales	606	7,35	805	9,75	745	8,42
Alfalfa	504	6,11	319	3,86	257	2,9
Total Cultivos Forrajeros	608	7,37	411	4,98	339	3,83
Tomate	111	1,34	63	-	80	0,9
Pimiento	99	1,20	94	1,13	98	1,10
Alcachofa	1	-	1	-	-	-
Coliflor	2	-	1	-	-	-
Cebolla	7	-	10	-	11	-
Judía	17	-	22	-	7	-
Guisante	162	1,96	52	-	12	-
Total hortalizas	687	8,33	595	7,21	577	6,52
Manzano	127	1,54	127	1,54	122	-
Peral	48	0,58	48	0,58	46	-
Melocotón	44	-	45	-	43	-
Total frutales	252	3,05	252	3,05	246	2,78
Total superficie Regada	8.241		8.251		8.841	

Fuente: MAPA, 1984, 1985 y 1986. Superficies ocupadas por los cultivos agrícolas (1-T). Elaboración propia

CUADRO 5
SUPERFICIE REGABLE EN CADA CLASE DE SUELO DE LA ZONA
DE NAVARRA EN BARDENAS I

Clase	ha	(%)
Clase I	8 108	56,56
Clase 5n ₁	3 687	25,8
Clase 5n ₂	1 706	11,9
Clase 5n ₃	823	5,74
Total	14.334	100,0

Fuente: Renasa, 1976 Estudio de reconocimiento de detalle sectores III a VI y IX a XIII y estudio de detalle del sector XIII Bardenas (Navarra)

2.2.4 Rendimientos de los cultivos

Se han utilizado la media de los rendimientos obtenidos del Anuario de Estadística Agraria, para las provincias de Zaragoza y Navarra, de los años 1982, 1983, 1984 y 1985. Para los años 1986 y 1987 sólo se utilizaron datos de la provincia de Zaragoza, facilitados por la sección de Estadística del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes de la Diputación General de Aragón (Anejo IV). En cuanto a los rendimientos de los cultivos en suelos salinos se ha utilizado los datos publicados por AYERS y WESTCOT (1987), para determinar el descenso de rendimiento causado por la salinidad (Cuadro 6).

CUADRO 6
PERDIDAS PORCENTUALES DE LOS RENDIMIENTOS EN FUNCION
DE LA SALINIDAD DE LA SOLUCION DEL SUELO

Rendimiento potencial Cultivo	100 %	90%	75%	50%	0%
	EC _x	EC _x	EC _x	EC _x	EC _x
Cebada	8	10	13	18	28
Trigo	6	7,4	9,5	13	20
Maiz	1,7	2,5	3,8	5,9	10
Alfalfa	2	3,4	5,4	8,8	16

EC_x: Salinidad promedio del agua del suelo contenida en la zona radicular en dS/m

Fuente: AYERS R.J., WESTCOT D.W., 1987 La calidad del agua en la agricultura. FAO.

Con la conductividad eléctrica de cada clase de suelo y los datos que recoge el Cuadro 6. asumiendo que la relación entre salinidad y descenso de rendimientos es aproximadamente lineal, se ha calculado el porcentaje del rendimiento para cada clase de suelo (Cuadro 7).

CUADRO 7
RENDIMIENTO EN FUNCION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
MEDIA DE CADA CLASE DE SUELO (%)

	Clase S ₂ EC _x = 6 dS/m	Clase S ₃ EC _x = 12 dS/m	Clase 5n ₁ EC _x = 3 dS/m
Trigo	100	59,5	100
Cebada	100	81,25	100
Maiz	50	No se cultiva	82,5
Alfalfa	67,5	No se cultiva	90

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Necesidades horarias mensuales de mano de obra por hectárea de cultivo

Los datos de necesidades horarias mensuales por cada ha de cultivo han sido recopilados de varios trabajos realizados en la zona de Bardenas, o de trabajos de otras zonas con características similares. En el caso de la judía verde, este dato ha sido elaborado basándose en el trabajo de MAROTO (1983). (Cuadro 1, Anejo 1).

HAZELL y NORTON (1986), aconsejan la división del año en periodos pequeños y sugieren que una distinción mensual da una imagen más real, con soluciones más factibles y realizables. El dividir el año en periodos más cortos a un mes para la mano de obra, no es aconsejable porque puede conducir a soluciones no reales.

2.2.6 Determinación de los gastos variables y márgenes brutos.

Para el cálculo de los gastos variables se han tomado los trabajos de Cavero y Delgado (1984), así como Montero y Fando (1981), de donde se han recogido los datos básicos sobre uso de los inputs. Incluye; semillas, fertilizantes, tratamientos fitosanitarios, combustibles y amortización del coste de implantación, cuando fuera necesario. No existe información sobre el porcentaje de mano de obra fija y eventual por hectárea. Se ha preferido evaluar las pérdidas que está causando la salinidad en términos de empleo por separado de las pérdidas de margen bruto.

El margen bruto de cada cultivo proviene de multiplicar el rendimiento (kg/ha) por el precio (pts/kg) menos los gastos variables. Se han utilizado los precios desde 1982 hasta 1987 (ambos inclusive) para calcular el margen bruto anual de cada cultivo, usando como deflactor el índice de Precios al Consumo (IPC), con objeto de eliminar el efecto de la inflación. Las cifras corresponden a pesetas de 1987.

Los márgenes brutos de los cultivos obtenidos en suelos salinos varían, con respecto a los mismos cultivos en suelos no salinos, únicamente en función del rendimiento. Es decir, los factores técnicos utilizados para un cultivo en suelo, salino o no salino, son los mismos. En realidad estos factores podrían y deberían cambiar en función de la salinidad del suelo, como la aplicación de fertilizantes y la frecuencia del riego. Sin embargo, la frecuencia del riego en este caso es un factor exógeno a las decisiones del agricultor, ya que el turno varía, según las comunidades de riego entre 10 y 14 días, de modo que el agricultor no puede variar el esquema de distribución del agua.

En cuanto a la aplicación de fertilizantes, ningún trabajo ha sido realizado en la zona de estudio o zonas similares. AYERS y WESTCOT (1987) recomiendan que en los casos de salinidad es preferible utilizar fertilizantes con bajos índices de sales y suministrar esos fertilizantes en varias aplicaciones, en vez de una única aplicación. Sin embargo, como nuestro objetivo es el estudio de la situación actual, hemos recurrido a informaciones de Agentes de Extensión Agraria de la zona, los cuales nos indicaron que actualmente los agricultores utilizan los mismos factores de producción en suelos salinos y no salinos.

Los resultados de los márgenes brutos de cada cultivo, por hectáreas y año, en pesetas corrientes y en pesetas de 1987, se recogen en el Anejo IV (Cuadros 21 a 28).

2.3. Especificación del modelo con sus restricciones.

El modelo queda especificado de la siguiente manera:

Objetivos:	Maximizar	$\sum_{i=1}^{21} MB_i$	
	Maximizar	$\sum_{i=1}^{21} MO_i$	
	Minimizar	$\sum_{m=1}^{12} S_m^+ + S_m^-$	
	Minimizar	$\sum_{j=1}^6 N_j$	
Sujeto a:		$X_1 + X_4 + X_7 + X_9 + \sum_{j=11}^{21} X_j \leq S_1$	(4)
		$X_2 + X_5 + X_8 + X_{10} \leq S_2$	(5)
		$X_3 + X_6 \leq S_3$	(6)
		$\sum_{j=11}^{18} X_{Mini} \leq \sum_{j=11}^{18} X_j \leq \sum_{j=11}^{18} X_{Maxi}$	(7)

$$X_{Mini} \leq X_i \leq X_{Maxi} \quad i=1;7;9;14;15;16; \quad (8)$$

$$\sum (C_{im} - C_i) X_i + S_m^- - S_m^+ = 0 \quad (9)$$

$$\sum mb_{ij} + N_j = t \quad (10)$$

$$\sum_{j=19}^{21} X_i = \text{Media} \quad (11)$$

donde:

MB_i = margen bruto medio de cultivo i

MO_i = mano de obra en horas por hectárea al año para el cultivo i

S⁺_m = desviación positiva con respecto a la media en el mes m

S⁻_m = desviación negativa con respecto a la media en el mes m

N_j = desviación negativa con respecto a t en el año j

t = parámetro

C_{im} = mano de obra en horas del cultivo i en el mes m

C_i = media mensual de mano de obra en horas para el cultivo i

i=indica el cultivo (1=trigo en S₁, 2=trigo en S₂, 3=trigo en S₃, 4=cebada en S₁, 5=cebada en S₂, 6=cebada en S₃, 7=maíz en S₁, 8=maíz en S₂, 9=alfalfa, 10=alfalfa en S₂, 11=coliflor, 12=guisante, 13=judía verde, 14=patata, 15=pimiento, 16=tomate, 17=cebolla, 18=alcachofa, 19=manzano, 20=peral, 21=melocotón).

X_i = superficie del cultivo i

mb_{ij} = margen bruto del cultivo i en el año j

S_i = clase de suelo

X_{Maxi} = superficie máxima del cultivo i

X_{Mini} = superficie mínima del cultivo i

Media = superficie media de frutales durante 1984, 1985 y 1986

j = indica el año, j=1 corresponde a 1982, j=6 corresponde a 1987

Cada uno de estos objetivos se optimiza separadamente, siempre sujeto al conjunto total de restricciones.

Las restricciones impuestas en el modelo se refieren a restricciones respecto a la superficie mínima y máxima que ocupan el maíz, trigo, alfalfa y las hortalizas (7) y (8). Dentro de los hortalizas hemos especificado superficies máximas y mínimas para el tomate, el pimiento y la patata, dado que estos cultivos son los más

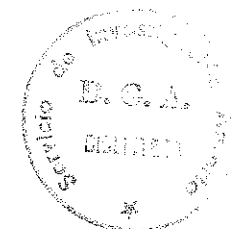
representativos es este grupo. El imponer superficies máximas y mínimas para los cultivos se hace para aproximarse más a la situación actual, dado que si no se imponen las superficies mínimas, habrá cultivos que no saldrían en la solución. El imponer restricciones de superficies máximas, supone el acotar los valores de la solución dentro de ciertos límites cercanos a la realidad. Los cultivos industriales no han sido incluidos en el modelo por el hecho de que sólo representan un 2,39% en la zona de Zaragoza y 8,5% en la zona de Navarra, de la superficie total. Además esta superficie está en continua disminución y no se dispone de datos de márgenes brutos (Cuadros 3 y 4). Por lo tanto como para el cultivo de cebada no se ha puesto una restricción de superficie máxima, la superficie correspondiente a los cultivos industriales aparece en la solución de cebada.

Para los frutales, hemos considerado la superficie media del periodo 1984-1986, dado que, normalmente, la superficie dedicada a frutales varía muy poco de un año a otro. Dentro del grupo frutales, hemos elegido los tres cultivos más representativos, que son melocotón, manzana y peral, pero no se han especificado superficies máximas y mínimas para cada cultivo (11).

En cuanto a restricciones, referidas a rotaciones y frecuencia de cultivos, no ha sido necesaria su introducción. Según comunicaciones de Agentes de Extensión Agraria de la zona, las reglas agronómicas de rotación y frecuencia de cultivos no se están respetando, sucediendo que hay agricultores que cultivan tomate o pimiento en la misma parcela hasta 4 años sucesivos, cuando normalmente un cultivo de tomate o pimiento debería cultivarse con un intervalo de tres años.

En el suelo S₁ podemos encontrar los 15 tipos de cultivos (4). En S₂ se puede cultivar trigo, cebada, maíz y alfalfa (5). En el S₃ únicamente pueden ser cultivados la cebada y el trigo (6). En el caso de Navarra, la clase I incluye los 15 tipos de cultivos, mientras que la clase 5n2 únicamente puede ser aprovechada para maíz, alfalfa, trigo y cebada. Las restricciones (9) y (10) reflejan el planteamiento de la estacionalidad del empleo y del riesgo respectivamente.

El Cuadro 8 recoge los valores numéricos del modelo para el caso de Zaragoza. En el Cuadro 9 se recogen las restricciones de la zona de Navarra.



CUADRO 8
RESTRICCIONES DE SUPERFICIE DE LA ZONA DE ZARAGOZA

	Restricciones de superficie (%)	
	Mínima	Máxima
Clase S ₁	95,17	95,17
Clase S ₂	3,73	3,73
Clase S ₃	1,10	1,10
Cultivos		
Maíz	44,87	54,74
Trigo	8,29	12,30
Alfalfa	9,34	10,73
Hortícolas	4,65	4,94
Tomate	1,13	1,51
Pimiento	1,76	2,23
Patata	0,26	0,41
Frutales	0,81	0,81

2.4. Resultados

Se presenta de una manera detallada, la resolución del modelo que tiene por objeto reproducir la situación actual en la zona de Zaragoza.

Una vez establecidas las restricciones del modelo, procedemos a resolver cada uno de los cuatro programas finales, con diferente función objetivo:

- Maximizar el margen bruto
- Maximizar la mano de obra
- Minimizar la estacionalidad
- Minimizar el riesgo.

El análisis paramétrico para determinar t , nos ha dado un valor $t = 155.5$. Este análisis se hizo maximizando el margen bruto y variando el valor de t hasta que la suma de los N_j ($i = 1, \dots, 6$) fuera ligeramente mayor que cero, es decir, que se toma como referencia un valor de t que se deduce del ingreso anual mínimo cuando se maximiza el ingreso esperado.

Los resultados de los cuatro programas lineales se recogen en el cuadro 10. Es de mencionar que en este caso el máximo margen corresponde un valor pequeño de riesgo porque la cebada, cuyo margen bruto es el más pequeño, ocupa la superficie mínima. Sin embargo el maíz, las hortalizas y los frutales están en su superficie máxima

En el caso contrario, es decir, al máximo riesgo corresponde el mínimo margen bruto (cuando se minimiza la estacionalidad), debido a que la cebada está ocupando la superficie máxima cuando el maíz y la alfalfa no están ocupando toda la superficie permitida

CUADRO 9
RESTRICCIONES ESPECÍFICAS EN LA ZONA DE NAVARRA

	Restricciones de superficie (%)					
	Mínima			Máxima		
Suelo						
Clase I	96,03			96,03		
Clase 5n ₁	3,97			3,97		
Cultivos						
Maíz	35,17			56,56		
Trigo	3,58			5,03		
Alfalfa	4,01			7,2		
Hortícolas	6,83			8,13		
Tomate	0,75			1,32		
Pimiento	1,11			1,17		
Patata	0,8			0,92		
Frutales	2,96			2,96		
Riesgo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Maíz (X ₈)	132.062	148.518	130.99	134.983	139.655	109.100
Alfalfa (X ₁₀)	143.563	132.675	159.818	114.984	145.759	145.207
Margen Bruto		Maíz (X ₈)			Alfalfa (X ₁₀)	
		132.534			140.334	

La tabla de ideales y anti-ideales que resulta es la siguiente:

	Ideal	Anti-ideal
Margen Bruto	164.662	155.500
Mano de Obra	94,37	79,54
Estacionalidad	45,671	66,64
FAO	0,281	23,86

Con esta tabla de ideales y anti-ideales y con los coeficientes de las variables en las funciones objetivos se procede al cálculo de los pesos relativos de los objetivos, comenzando por los α_j :

$$\alpha_{MB} = \frac{164,662 - 155,5}{164,662} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_{MBj}^2}}$$

CUADRO 10
RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS LINEALES EN LA ZONA DE
ZARAGOZA DE BARDENAS I

Variables	Margen Bruto (MB)	Mano de Obra (MO)	Estacionalidad (EST)	Riesgo (PAD)
Decisión	Superficie (%)	Superficie (%)	Superficie (%)	Superficie (%)
X ₁	12,30	7,19	8,58	12,30
X ₂	-	-	3,73	-
X ₃	-	1,09	-	-
X ₄	11,63	20,47	19,46	11,63
X ₅	3,73	-	-	3,73
X ₆	1,09	-	1,09	1,09
X ₇	54,74	51,02	52,03	54,74
X ₈	-	3,72	-	-
X ₉	10,72	10,72	9,34	10,72
X ₁₀	-	-	-	-
X ₁₁	-	-	1,13	0,04
X ₁₂	-	-	-	-
X ₁₃	-	-	0,64	-
X ₁₄	0,26	0,26	0,29	0,26
X ₁₅	1,75	1,75	1,75	1,75
X ₁₆	1,13	1,13	1,13	1,13
X ₁₇	1,80	1,80	-	1,80
X ₁₈	-	-	-	-
X ₁₉	-	-	-	0,46
X ₂₀	-	0,81	-	0,34
X ₂₁	0,81	-	0,81	-
MB	164.662	156.609	165.500	162.764
MO	93,64	94,37	79,84	93,18
EST	62,82	66,64	45,671	66,35
PAD	0,802	17,23	22,86	0,28

t = 155.500

siendo:

C_{MBj} = coeficiente de la variable j en el objetivo MB

$$\left[\sum_{j=1}^{21} C_{MBj}^2 \right]^{-1/2} = \left[(90.531)^2 + (90.531)^2 + (34.029)^2 + \dots + (724.749)^2 \right]^{-1/2}$$

$$\alpha_{MB} = \frac{164,662 - 155,5}{164,662} \cdot 6,013 \cdot 10^{-4} = 0,3346 \cdot 10^{-4}$$

$$\alpha_{MO} = 7,6758 \cdot 10^{-5}$$

Para los dos objetivos, estacionalidad y riesgo, como se trata de una minimización, entonces:

$$\alpha_{PAD} = \frac{(\text{Anti-ideal}) - (\text{Ideal})}{\text{Anti-ideal}} \left[\sum_{j=1}^6 C_{PADj} \right]^{-1/2}$$

$$\alpha_{PAD} = \frac{23,86 - 0,281}{23,86} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (1)^2}}$$

$$\alpha_{PAD} = 0,403$$

$$\alpha_{EST} = 0,0641$$

$$\Sigma \alpha_i = \alpha_{MB} + \alpha_{MO} + \alpha_{PAD} + \alpha_{EST} = 0,4676$$

El peso relativo de un objetivo A es $\alpha_A / \Sigma \alpha_i$, con lo que los pesos relativos de nuestros objetivos son:

$$\alpha_{MB} = \frac{0,3346 \cdot 10^{-4}}{0,4676} = 7,17 \cdot 10^{-4}$$

$$y \frac{1}{\alpha_{MB}} = 13.974,6$$

$$\alpha_{MO} = 1,643 \cdot 10^{-4}$$

$$y \frac{1}{\alpha_{MO}} = 6.093,12$$

$$\alpha_{PAD} = 0,862$$

$$y \frac{1}{\alpha_{PAD}} = 1,16$$

$$\alpha_{EST} = 0,137$$

$$y \frac{1}{\alpha_{EST}} = 7,296$$

Una vez calculados los pesos relativos de los objetivos se establece el programa que nos da la primera solución eficiente

Min D
Sujeto a
 $X \in F$

$$\begin{aligned} Z_{MB}(X) + 13974,6 D &\geq 164.662 \\ Z_{MO}(X) + 6093,12 D &\geq 94,37 \\ Z_{PAD}(X) - 1,16 D &\leq 0,281 \\ Z_{PAD}(X) - 7,296 D &\leq 45,671 \end{aligned}$$

La resolución de este problema nos da los resultados que se recogen en el Cuadro 11.

CUADRO 11
SOLUCION DEL METODO STEM PARA LA ZONA DE ZARAGOZA DE BARDENAS I

	MB/ha	MO/ha	PAD	EST.
	164,541	90,80	2,204	57,77
	Superficie (%)		Superficie (%)	
X ₁	12,31		4 747	
X ₂	-		-	
X ₃	-		-	
X ₄	11,63		4 485	
X ₅	3,72		1 483	
X ₆	1,09		423	
X ₇	54,75		21 114	
X ₈	-		-	
X ₉	10,73		4 138	
X ₁₀	-		-	
X ₁₁	0,57		220	
X ₁₂	-		-	
X ₁₃	-		-	
X ₁₄	0,26		100,5	
X ₁₅	1,76		679	
X ₁₆	1,13		436	
X ₁₇	1,22		170,5	
X ₁₈	-		-	
X ₁₉	-		-	
X ₂₀	-		-	
X ₂₁	0,81		311	
Ideales	164 662	94,37	0,281	45,671
Anti-ideales	155,500	79,54	23,86	66,64

En este análisis g ha sido estimado, mediante la solución STEM de la zona de Bardenas I localizada en Navarra y aplicando los márgenes brutos mínimos de los cultivos de seis años. Este cálculo nos proporciona el peor margen bruto, dadas las restricciones del modelo y los pesos relativos de los objetivos. De esta manera se obtiene un margen bruto de 138.032 pesetas, por lo que se ha utilizado un valor g de 140 000 pts. Se ha elegido la zona de Bardenas I de Navarra, porque da un margen bruto mínimo mayor que lo que daría la zona de Bardenas I de Zaragoza o en el total de Bardenas.

Dado que la superficie regada es de 38 565 ha, el margen bruto total de la zona es de 6.345,52 millones de pts. La probabilidad de fracaso de lograr este margen bruto, teniendo en cuenta los niveles logrados de mano de obra y la estacionalidad es,

$$P(X < g) \leq \frac{PAD/n}{t-g} = \frac{2,204/6}{155,5 - 140,0} = 2,37\%$$

La mano de obra utilizada es de 3 502 000 horas/año, lo que representa 1 823 unidades de trabajo humano/año (UTH), considerando que 1 UTH equivale 1.920 horas de trabajo/año.

En cuanto a la estacionalidad, la suma de las desviaciones positivas y negativa, con respecto a la media, es de 57,775 horas/ha/año. Eso quiere decir que la mitad de esta cifra representa el subempleo y la otra mitad el sobreempleo. Es, normalmente, en los meses de sobreempleo cuando los agricultores se ayudan, o en casos extremos, contratan mano de obra. Los resultados nos muestran los meses durante los cuales hay subempleo, o una utilización de la mano de obra debajo de la media, y los meses durante los cuales el empleo de mano de obra es superior a la media.

En este modelo las restricciones referentes a la estacionalidad están escritas de la siguiente manera:

$$\sum (C_{im} - C_i) C_i + S_m^- - S_m^+ = 0$$

Lo que equivale para un mes m,

$$MO_m - \overline{MO} + S_m^- - S_m^+ = 0$$

con,

MO_m = empleo de mano de obra en el mes m

\overline{MO} = empleo medio de mano de obra/mes $\left(\frac{\text{Mano de obra total}}{12} \right)$

Como S_m^- y S_m^+ no pueden ser ambas mayor que cero al mismo tiempo, dado que no puede haber una utilización mayor y menor de la media, a la vez, entonces para un mes m ,

$$o S_m^- = 0 \text{ y } S_m^+ > 0 \quad (a)$$

$$o \text{ bien } S_m^- \geq 0 \text{ y } S_m^+ = 0 \quad (b)$$

$$a) \text{ Si } S_m^- = 0$$

$$MO_m - \overline{MO} - S_m^+ = 0$$

$MO_m = \overline{MO} + S_m^+$, lo que significa que en dicho mes la utilización de mano de obra es mayor que la media, con un porcentaje de $100 \frac{S_m^+}{\overline{MO}}$

$$b) \text{ Si } S_m^+ = 0$$

$$MO_m - \overline{MO} + S_m^- = 0$$

$MO_m = \overline{MO} - S_m^-$, con lo que la utilización de mano de obra es a la media con un porcentaje $100 \frac{S_m^-}{\overline{MO}}$

Los resultados se recogen en el Cuadro 12.

CUADRO 12
SOLUCION DEL MODELO STEM SOBRE LA SITUACION ACTUAL DE LA ESTACIONALIDAD DEL EMPLEO EN LA ZONA DE ZARAGOZA DE BARDENAS I

	Media mensual horas/ha	S_m^+ (horas /ha)	S_m^+ Total (UTH)	$\frac{100 S_m^+}{\overline{MO}}$	S_m^- (horas /ha)	S_m^- Total (UTH)	$\frac{100 S_m^-}{\overline{MO}}$
Enero	7,56	-	-	-	7,05	141,6	-93
Febrero	7,96	-	-	-	3,77	75,72	-49,8
Marzo	7,56	-	-	-	6,16	123,73	-81,5
Abril	7,96	0,092	1,84	+1 21	-	-	-
Mayo	7,56	7,76	155,8	+102,6	-	-	-
Junio	7,96	9,95	199,8	+131,6	-	-	-
Julio	7,56	-	-	-	0,92	18,47	-12,1
Agosto	7,96	-	-	-	0,85	17,07	-11,2
Sept	7,56	7,16	143,8	+94,7	-	-	-
Octubre	7,96	3,91	78,53	+51,7	-	-	-
Nov	7,56	-	-	-	3,59	72,10	-47,48
Dic.	7,96	-	-	-	6,52	130	-86,24

Una vez obtenida la solución y comparada con la tabla de ideales y anti-ideales, se ha considerado el caso de un centro de decisión ficticio, en el que los resultados obtenidos son satisfactorios y por lo tanto se supone que la solución resultante es la óptima, con lo que finaliza el proceso de decisión. En general, pocas veces el centro de decisión se considera satisfecho con la primera solución eficiente presentada. En este caso se ha aceptado esta primera solución porque en realidad la discrepancia entre el ideal y el anti-ideal de cada uno de los objetivos no es muy grande, lo que quiere decir que el grado de conflictividad es pequeño. Pero hay que mencionar que para el objetivo margen bruto, la diferencia entre el ideal y el anti-ideal se ha ido reduciendo debido a la introducción del parámetro t , respecto al cual se midieron las desviaciones para el cálculo del riesgo.

Por otra parte, si se dispusiera de información de la zona, como el margen bruto medio por hectárea o la mano de obra total disponible, se podría haber comparado la solución obtenida con la información real. Posteriormente se modificarían y deducirían si se pudiese mejorar los objetivos, pero esto no es el caso y hemos considerado que la primera solución es la óptima.

Los resultados obtenidos de la parte regada en Zaragoza y en Navarra (Cuadro 11 y 13), se agregan teniendo en cuenta el porcentaje de superficie que ocupa cada zona con respecto a la superficie total, a fin de dar una idea global de la situación actual de Bardenas I.

Teniendo en cuenta que el margen bruto en la zona de Navarra es de 1 624,09 millones de pts, el empleo de mano de obra es de 524,5 UTH año y que la probabilidad de que el margen bruto sea menor que 140 000 pts/ha/año es $P \leq 2,06\%$.

La superficie total regada es de 47 009 ha en Zaragoza y 8,444 ha en Navarra.

El margen bruto actual es, en pesetas de 1987, de 7 969,61 millones de pts por año.

La mano de obra utilizada es de 2 347,5 unidades de trabajo humano al año. En cuanto a la estacionalidad de trabajo los resultados, ponderados, se recoben en el Cuadro 14. Los coeficientes de ponderación son:

$$\rho_{Zaragoza} = \frac{38.565}{47.009} = 0,8204$$

$$\rho_{Navarra} = \frac{8.444}{47.009} = 0,1796$$

CUADRO 13
SOLUCION DEL METODO STEM PARA LAS ZONA DE NAVARRA DE
BARDENAS

	MB/ha	MO/ha	PAD	EST.
	192.337	119,264	4,342	60,71
	Superficie (%)		Superficie (ha)	
X ₁	5,03		425	
X ₂	-		-	
X ₄	16,13		1.362	
X ₅	3,97		336	
X ₇	56,56		4 776	
X ₈	-		-	
X ₉	7,2		608	
X ₁₀	-		-	
X ₁₁	3,15		266	
X ₁₂	-		-	
X ₁₃	-		-	
X ₁₄	0,8		67,5	
X ₁₅	1,11		93,5	
X ₁₆	0,75		63,5	
X ₁₇	1,06		89,5	
X ₁₈	1,25		105,5	
X ₁₉	-		-	
X ₂₀	0,63		53,5	
X ₂₁	2,33		197	
Ideales	198.425	137,22	0	46,058
Anti-ideales	175	91,2	51,483	114,088

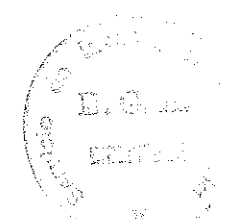
CUADRO 14
SOLUCION DEL MODELO STEM SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE
LA ESTACIONALIDAD DEL EMPLEO EN LA TOTALIDAD DE
BARDENASI

	Media mensual horas/ha	S _m ⁺ (horas /ha)	S _m ⁺ Total (UTH)	100 S _m ⁺ MO	S _m ⁻ (horas /ha)	S _m ⁻ Total (UTH)	100 S _m ⁻ MO
Enero	7,99	-	-	-	7,21	176,5	-90,2
Febrero	7,99	-	-	-	3,97	97,2	-49,7
Marzo	7,99	-	-	-	6,43	157,4	-80,5
Abril	7,99	0,075	1,83	+0,93	-	-	-
Mayo	7,99	7,77	190,2	+97,2	-	-	-
Junio	7,99	9,56	234	+119,6	-	-	-
Julio	7,99	-	-	-	0,98	24	-12,2
Agosto	7,99	-	-	-	0,31	7,6	-3,9
Sept.	7,99	6,68	163,5	+83,6	-	-	-
Octubre	7,99	4,64	113,6	+58	-	-	-
Nov	7,99	-	-	-	3,11	76,1	-38,9
Dic.	7,99	-	-	-	6,70	164	-83,8

La probabilidad de fracaso, es la probabilidad de que el margen bruto sea inferior a 140.000 pts/ha/año, o sea $P = \rho \text{ Zaragoza} + \rho \text{ Navarra}$. $P(X < g) \text{ Zaragoza} + \rho \text{ Navarra}$. $P(X < g) \text{ Navarra} = 0,8204 [2,37\%] + 0,1796 [2,06\%] \leq 2,31\%$.

En la solución, los suelos salinos están ocupados únicamente de cebada (Cuadro 11 y 13), y no aparecen el maíz y la alfalfa como cultivos. Esto se explica por el hecho de que el maíz y la alfalfa tienen un menor margen bruto en suelos salinos en comparación a suelos no salinos, y por lo tanto no aparecen en la solución cuando se maximiza el margen bruto. Además, como el maíz y la alfalfa tienen, en suelos salinos, la misma necesidad de mano de obra y estacionalidad que en suelos no salinos, al tener una restricción de superficie máxima, tampoco hay preferencia para que salgan en las soluciones cuando se procede a optimizar estos objetivos. Igualmente, el maíz y la alfalfa no aparecen en la solución cuando se minimiza el riesgo, dado que los márgenes brutos anuales, en suelo salino, son inferiores a sus márgenes en suelo no salino.

Esto hace que el margen bruto de la zona, aquí obtenido, sea ligeramente inferior al actual, dado que los márgenes brutos del maíz y alfalfa en suelos salinos son mayores que los de la cebada. Sin embargo, creemos que esta diferencia no es significativa; primero, porque la superficie de suelos salinos cultivada representa únicamente un 4,6% del total de la superficie regada y segundo, porque es irrelevante la superficie salina realmente cultivada de maíz y alfalfa.



3. ALTERNATIVAS AL PROBLEMA DE LA SALINIDAD EN BARDENAS I

Varios estudios han sido realizados en zonas afectadas por la salinidad y han demostrado la posibilidad de recuperar y sanear los suelos salinos para hacer de ellos suelos potencialmente productivos (USDA, 1954; McNEAL, 1974; HIRA *et al* , 1980; SING, 1980; RHOADES, 1982)

MARTINEZ BELTRAN (1978) en su trabajo sobre la recuperación y el drenaje de los suelos salinos de Bardenas I ha presentado los resultados experimentales de drenaje de dos fincas, en Alera y Valareña. Estos resultados han servido de base para la evaluación de los costes que supondría la recuperación de los suelos afectados por la salinidad.

Según dicho trabajo se indica que los suelos salinos requieren recuperación mediante la instalación de un sistema de drenaje y la práctica de un lavado inicial para la reducción del contenido de sales; cuando no lo impiden otros factores tal como la pendiente, la pedregosidad y la profundidad.

El espaciamiento entre drenes en las dos fincas experimentales ha sido de 20 m, y la profundidad de 1,5 m.

Por otra parte y dada la baja conductividad hidráulica del suelo, se recomienda un subsolado profundo, junto con aplicaciones locales de yeso de 10 t/ha para mejorar la estructura de la capa superior del suelo.

La cantidad de agua necesaria para el primer lavado de estos suelos, cuya conductividad eléctrica inicial en el extracto saturado es de 15 dS/m, es de 10.000 m³/ha de agua de percolación, lo que equivale entre 11.000 y 14.000 m³/ha de agua de riego.

En cuanto al aprovechamiento de cultivos, se recomienda la adopción de cultivos con alta resistencia a la salinidad después del primer lavado, y la rotación de cultivos, incluyendo en esta rotación los cereales de invierno para permitir un subsolado periódico, alternando fases de humectación y secado, así como mantener la conductividad hidráulica del suelo (MARTINEZ BELTRAN, 1986b).

3.1. Análisis económico del proyecto de recuperación de los suelos salinos

3.1.1. Hipótesis adoptadas

a) Precios utilizados

Los precios utilizados en este análisis son precios de mercado. La utilización de precios de mercado para el análisis económico de proyectos sobre planificación del agua, en Estados Unidos, es una práctica muy común (GITTINGER, 1982). Como es el caso del trabajo de GARDNER (1983) sobre la evaluación económica del control de salinidad en el Valle del río Colorado.

En este trabajo los precios representan una media del período 1982-87, referidos a pesetas constantes de 1987.

b) Costes y beneficios secundarios

Sólo se incluyen en este análisis costes y beneficios directos. No se considera, por ejemplo, el efecto de la salinización del agua de los ríos Aragón, Riguel y en último término del río Ebro, por el hecho de que los daños que provocan no afectan a la agricultura de Bardenas I. No existen datos sobre la contribución del regadío de Bardenas I a la salinización de estos ríos. No han sido considerados en este análisis beneficios secundarios que puedan resultar de la inversión, como el impacto multiplicador regional, adoptando el mismo argumento que GARDNER (1985). Según este autor los fondos públicos o privados invertidos en un proyecto generarían impactos económicos secundarios en cualquier otro tipo de proyecto y, por lo tanto, no representan ganancias reales netas a la sociedad.

c) La tasa de descuento

La elección de la tasa de descuento es crucial para la evaluación económica de los proyectos. Esta tasa determina cómo los costes y beneficios futuros son ponderados para determinar el valor actual de un proyecto, es decir, que esta tasa nos permite comparar estos futuros flujos en un mismo período de tiempo. La estimación de la tasa de descuento, es un tema que ha generado controversia. Sin embargo, la consideración de una gama de valores es a menudo suficiente en un análisis coste/beneficio (SASSONE y SCHAFFER, 1978). En este trabajo, se utilizan dos tasas de descuento, 9% y 12%. La primera tasa es ligeramente inferior a la tasa de interés legal (9,5% para 1987) y la segunda ligeramente superior a la tasa de interés que se toma como



tipo de referencia para el coeficiente de inversión RF, deuda pública, del Estado (11,85% para 1987), publicada en el Boletín del Banco de España

d) Vida útil del proyecto

Se considera una vida útil del proyecto de 15 años, en lugar de 30 años, que es la vida útil de la tubería de drenaje. Si en un proyecto de inversión, el valor del elemento de mayor duración representa un porcentaje pequeño del pago de inversión, no tiene sentido definir la vida del proyecto en base a la vida de este elemento (CEÑA y ROMERO, 1982) En este caso, el proyecto de puesta en regadío y el proyecto de recuperación de suelos, son dos proyectos interdependientes, es decir que si falta la puesta en regadío, solamente el drenaje no permitirá la mejora de la producción y viceversa

Se asume que la vida útil de la infraestructura de regadío por inundación es de 40 años. Como en nuestro caso la inversión se hizo hace 30 años, por lo tanto habrá que hacer, normalmente, otra inversión dentro de 10 años. Pero como esta infraestructura no ha sido utilizada, suponemos que la renovación de la instalación de regadío se hará 5 años más tarde de lo que tendría que ser, es decir dentro de 15 años. Además teniendo en cuenta que el valor de inversión para la puesta en regadío es bastante mayor que la inversión en el drenaje, eso nos conduce a adoptar una vida del proyecto de 15 años

3.1.2 El coste de recuperación de los suelos salinos

Se han utilizado costes de drenaje de 1985 recogidos del trabajo de MARTINEZ BELTRAN (1986b), los cuales se han actualizado a pesetas de 1987, utilizando el índice general de precios pagados por los agricultores.

Los costes de drenaje, son para tuberías de plástico (PVC) de 50 mm de diámetro, y para tuberías de arcilla de 80 mm de diámetro. La diferencia del coste entre los dos sistemas es del orden de 3,3%. Además no había diferencia en los rendimientos entre las tuberías de plástico y de arcilla, a pesar de la disparidad en el diámetro. Esta pequeña diferencia del coste no ha influido en los agricultores al elegir el sistema más barato sino la tubería de mayor diámetro (MARTINEZ BELTRAN, 1986b).

Se ha elegido el sistema de tuberías de arcilla, cuyo coste de instalación por hectárea, incluyendo un subsolado, asciende a 123.077 pesetas de 1985, lo que corresponde a 148.184 pts de 1987.

Hay que mencionar que el coste del drenaje, aquí recogido, corresponde a un sistema cuya distancia entre drenes es de 10 m y a una profundidad de 1 m. Sin embargo, para el caso de Bardenas I, la distancia requerida entre drenes es de 20 m y la profundidad es de 1,5 m. Se considera que la diferencia entre los dos sistemas, es bastante pequeña, dado que la diferencia en la profundidad de la instalación y la profundidad del subsolado compensa la diferencia resultante de la longitud de la tubería.

El precio de una tonelada de yeso es de 1.750 pts y como una hectárea necesita 10 t, supondría un coste de 17.500 pts/ha por la aportación de yeso.

a) Cálculo del coste por hectárea

El coste total de la inversión por hectárea es de 165.684 pts, incluyendo drenaje, subsolado profundo y aportación de yeso. La vida útil de los tubos de drenaje es de 30 años (FAO, 1979). El coste de amortización no se incluye como coste en un análisis coste/beneficio (GITTINGER, 1982). Los costes de mantenimiento se evalúan en 2.050 pts/ha y año (MARTINEZ BELTRAN, 1986b).

El coste de inversión tendría que haber incluido los costes de puesta en regadío. Sin embargo, estos costes han sido ya considerados en el proyecto de transformación en regadío, y por lo tanto, no son tenidos en cuenta para el proyecto de recuperación de los suelos, a fin de obtener su rentabilidad. En la situación actual existe una superficie dotada de infraestructura de regadío, pero para que esta superficie sea productiva, le hace falta un saneamiento de los suelos de alta concentración de sales. Los costes resultantes de este saneamiento son los costes de inversión y de mantenimiento del sistema de drenaje.

b) Cálculo del coste total del proyecto de recuperación

La superficie total a recuperar se estima, entre 11.125 ha y 11.948 ha según se consideren datos del IRYDA o de elaboración propia basados en el planimetrado

La diferencia entre las dos superficies, del orden del 7,5%, se considera bastante aceptable. Se utiliza la superficie de 11.948 ha para poder distinguir entre los diferentes tipos de suelos a recuperar, que se reparte de la siguiente forma:

Zaragoza	Clase S ₂ :	1 438 ha
	Clase S ₃ :	4 284 ha
Navarra	Clase 5n ₁ :	3 697 ha
	Clase 5n ₂ :	1 706 ha
	Clase 5n ₃ :	823 ha
Total:		11.948 ha

En base a la superficie total de 11.948 ha, los gastos de inversión que se hacen durante el año cero ascienden a 1 979,6 millones de pesetas. El coste de mantenimiento anual será de 24,49 millones de pesetas.

3.1.3. Cálculo de los beneficios de la recuperación de los suelos

La estimación de los beneficios, en este caso son la resultante de la reducción de la alta conductividad eléctrica del suelo hasta un nivel tolerable por los cultivos de la zona. Se hace mediante comparación del margen bruto de la zona, en la situación actual, con el margen bruto que se supone existirá después del proyecto.

En este modelo y por falta de datos sobre márgenes netos de cultivos y la complejidad de su cálculo, se han adoptado los márgenes brutos de cultivos para la estimación del margen bruto total de la zona, después y antes de la recuperación de los suelos.

a) Restricciones del modelo que representa la situación futura

Las restricciones del modelo para la estimación de la situación futura, han sido los mismos que los adoptados para la representación de la situación actual, salvo unos cambios que detallamos seguidamente:

- Toda la superficie cultivada está considerada libre de salinidad. Los suelos recuperados se cultivan durante los tres primeros años de cebada únicamente, dado su alta tolerancia a la salinidad y su factor de mejora de la estructura del suelo. Después del tercer año se considera que el suelo puede ser cultivado por cualquier cultivo de la zona. Por lo que es necesario resolver dos programas, el primero es representativo de los tres primeros años después del saneamiento de los suelos y el segundo representa la situación futura del cuarto al décimoquinto año.

- Se considera que durante los quince años, que se ha adoptado como período para la evaluación de los beneficios, el esquema de producción queda invariable. Eso quiere decir que se mantendrá la misma repar-

CUADRO 15
SALIDAS DEL EMBALSE DE YESA AL CANAL DE BARDENAS Y OFERTA DE AGUA EN EL FUTURO (hm³)

Año hidráulico	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Total
81-82	29,7	22,8	28,4	16,1	10,6	20,8	91,2	100,5	80,6	96,1	68,6	51,8	616,2
82-83	8,2	3,3	8,1	17,6	14,6	25,9	84,2	93,9	97,4	104,7	100,7	69,2	627,8
83-84	36,5	4,5	6,8	7,9	11,6	16,1	73,4	67,4	90,2	137,7	123,2	92,5	667,8
84-85	17,7	5,9	6,1	11,3	5,7	21,9	78,0	79,3	95,4	136,9	131,3	71,7	661,2
85-86	18,5	5,2	12,8	15,2	7,0	14,3	61,4	96,1	114,0	107,2	101,5	50,1	603,3
86-87	11,9	7,3	10,5	11,6	4,3	22,0	66,2	94,5	70,2	91,8	101,6	73,5	565,4
Media	3,6	1,0	10,3	7,3	10,6	39,5	27,2	55,1	54,3	96,9	113,3	73,4	623,5
							68,8	83,8	86,0	110,0	105,7	68,1	522
							(13,2%)	(16%)	(16,5%)	(21,1%)	(20,1%)	(13,1%)	(100%)
							1.188	1.440	1.485	1.899	1.809	1.179	9.000 m ³ /ha/año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por la Confederación Hidrográfica del Ebro

tición de cultivos en cuanto a porcentaje de superficie. Sin embargo, existirá una mayor oferta en el mercado, dado que estos suelos no se cultivaban antes del saneamiento. Se supone que estas cantidades adicionales son pequeñas como para influir en el sistema de precios.

- Se han introducido restricciones mensuales, de abril a septiembre, ambos inclusive, para reflejar la escasez del agua. Se han tomado los datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro, que considera una oferta anual futura de 9 000 m³ por hectárea. La época de riego ha sido considerada de seis meses durante la cual hay oferta de 9 000 m³/ha. En base al caudal mensual del Canal de Bardenas y suponiendo que el 100% del agua de riego se distribuya entre abril y septiembre, se estima la dotación mensual de agua por hectárea. Los resultados se recogen en el Cuadro 15.

Las necesidades de agua por cultivo y por mes para la zona de Bardenas I se recogen en el cuadro 29, del Anejo V.

b) Resultados del método STEM

Los resultados del método multiobjetivo interactivo STEM, para los 3 primeros años después del proyecto y para el periodo 4^o-15^o año, se recogen en el Cuadro 16.

CUADRO 16
RESULTADOS DEL METODO STEM PARA EL FUTURO
DE BARDENAS I

	Período 1 ^o -3 ^o años	Período 4 ^o -15 ^o año
Margen bruto anual (millones de pts)	8 449,59	9 591,9
Empleo de mano de obra anual (UTH)	2 487,62	2 808,7
Probabilidad de que margen bruto/ha (<140 000 pts)	36%	2,16%
Consumo medio de agua (m ³ /ha)	8 411	7 390

Un análisis de sensibilidad de los precios ha sido llevado a cabo para el segundo período, es decir, para los 12 últimos años de vida del proyecto, para evaluar el impacto sobre el margen brutototal. Así, un descenso de 10% de los precios provocaría un descenso de 14,5% en el margen bruto total, siendo constantes la estacionalidad y el empleo de mano de

obra. En este caso el margen bruto total es de 8.377 millones de pesetas.

Por el contrario un aumento de un 10% de los precios hace que el margen bruto total sube un 13,5%, alcanzando 10 888,15 millones de pesetas, considerando la estacionalidad y el empleo de mano de obra constantes.

Las necesidades de agua para cada cultivo por hectárea y por mes han sido recogidas del trabajo de la DGA (1986a), considerando una eficiencia de riego del 65%, lo que corresponde al riego por gravedad.

La solución del método STEM da el consumo, por mes y total, del agua para el periodo 4^o-15^o año, que se recoge en el Cuadro 17, para el total de la superficie regada en Zaragoza y Navarra. Para los tres primeros años, el consumo total es de 477,4 hm³/año, dado que hay necesidad de lavar el suelo. Sin embargo, las necesidades de agua en meses punta son ligeramente inferiores a lo presentado, porque el lavado de los suelos ha de practicarse antes de la siembra de la cebada, o sea, en Enero y Febrero.

CUADRO 17
CONSUMO FUTURO DE AGUA

	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Total
Consumo (m ³ /ha)	536,00	988,00	1 107	1 827,5	1 601,5	862	7 390 ⁽¹⁾
Consumo total (hm ³)	30,31	56,08	62,83	103,73	90,90	48,93	419

(1) Este total no es la suma de los seis meses, sino que entran los otros meses del año que no han sido especificados, aunque el consumo durante los 6 meses representa un 94% del total.

En la situación actual el consumo de agua es muy elevado, debido a un conjunto de factores. Hay que citar: 1) el precio del agua relativamente bajo, 2) una frecuencia de riego entre 10 y 14 días, demasiado espaciado, sobre todo en los suelos sasos cuya capacidad de retención es baja, y 3) un mal manejo del agua debido a los riegos de noche que tienen poca eficiencia, dejando que el agua se vierte en los desagües. Eso hace que el consumo medio por hectárea sea de 9 500 m³, o un total de 446 hm³ para las 47 009 ha regadas actualmente. Si se siguiera consumiendo la misma cantidad de agua el consumo total futuro en Bardenas I sería de 539 hm³.

Hay que evitar el despilfarro de 120 hm³ de agua, ya que esta cantidad suplementaria de agua innecesaria es la causa principal de la salinización y contaminación de los ríos (SKOGERBOE y WALKER, 1981, ARAGUES y ALBERTO, 1983; LETEY *et al*, 1988). El agua de drenaje percola en el suelo, llevando sales del terreno y transporta además productos químicos que se echan al suelo, bajo forma de productos fitosanitarios o de fertilizantes (GARDNER, 1986). este fenómeno de salinización de los ríos tiene un impacto económico bastante desfavorable, causando así el descenso de rendimientos de cultivos en las zonas que utilicen este agua (ALBISU *et al*, 1988). A nivel del consumo humano esto provoca un aumento en el consumo de agua embotellada y de jabones. En la industria la salinización del agua provoca un mayor gasto en desincrustantes y en el mantenimiento de las instalaciones (GARDNER, 1988).

Una de las prioridades en la zona es el intento de una mejora de la programación de la distribución del agua entre las comunidades de regantes y entre los regantes. El objetivo es el aumento de la eficiencia del riego y por lo tanto la disminución del consumo excesivo del agua de riego, la reducción del agua de drenaje y el descenso del aporte de sales a los ríos. La programación supone disponer de una serie de datos, actualmente inexistentes, tal como la cantidad mensual de agua que dispone cada comunidad y la cantidad efectivamente consumida, además de tener un control de los desagües de cada comunidad, con el fin de establecer relaciones entre agua consumida y de drenaje. También hay que disponer de datos, a nivel de la explotación, para intentar relacionar la eficiencia de los diferentes sistemas de riego y la reducción del agua de drenaje. toda esta información permitiría estudiar las diferentes alternativas, desde el punto de vista económico, y deducir las políticas que hay que llevar a cabo, en cuanto a precio del agua, subvención del equipo de riego adecuado o imposición de impuestos para el agua de drenaje cargada de sales.

En este sentido GARDNER y YOUNG (1988), entre otros, han estudiado el impacto de las diferentes políticas sobre la reducción del agua de drenaje. Según estos autores, el efecto que suponía la subvención del equipo de riego no afectaba directamente a la reducción de la salinidad

En su caso la subvención estimulaba la inversión en equipos que ahorran agua (y trabajo), lo cual indirectamente reducía la carga salina. Esto supone una pérdida de eficacia porque la conservación del agua y del trabajo no están directamente relacionadas con la reducción de la carga salina. La subvención de los equipos de riego, favorece únicamente la tecnología intensiva en capital y no en mano de obra. La

hipótesis de un impuesto sobre la carga salina parece ser el modo más eficiente para la reducción de la descarga salina. Sin embargo, surgen problemas al medir la descarga. Así, el medir la descarga actual de cada explotación o el estimar una descarga media de sales para diferentes cultivos y técnicas de riego no parece práctico.

El establecimiento de un precio creciente del agua, representa otra alternativa para el control de este fenómeno de salinización de los ríos. Diversos autores afirman que es el agua de riego es el input más apropiado para gravar con un impuesto.

LETEY *et al*. (1988), han sugerido que, la aplicación de una tasa progresiva al precio del agua, puede contribuir significativamente a la reducción de los flujos de drenaje y la consecución de objetivos sobre control de salinidad en el río San Joaquín.

c) Beneficios de la desalinización de los suelos

Los beneficios anuales resultantes de la recuperación de suelos, son la diferencia entre los resultados del método STEM después del proyecto, correspondientes a una situación futura y los resultados de la situación actual, que es la situación sin proyecto. Los beneficios se recogen en el Cuadro 18 para los dos periodos, del primero al tercer año y del cuarto al decimo quinto año.

CUADRO 18
BENEFICIOS DE LA RECUPERACION DE SUELOS

	Precios reales medios 1982-1987 (pts 1987)		Análisis de sensibilidad	
	Período del 1º-3º año	Período del 4º-15º año	Período del 4º-15º año si los precios disminuyen 10%	Período del 4º-15º año si los precios aumentasen 10%
Beneficios monetarios totales/año (millones de pts)	520	1 622,375	1 417	1 851,39
Beneficios monetarios por ha/año (pts)	43 520	135 786	118 597	154 177
Creación de empleo (UTH)	40,125	461,23	444,4	436,78

La diferencia resultante entre los márgenes brutos anuales del primer y segundo periodo es debida al hecho que los suelos recuperados durante los tres primeros años son cultivados únicamente con cebada, cuyo margen bruto es de 54.921 pts/ha. Durante el segundo periodo los suelos recuperados estarán cultivados, en las mismas proporciones actuales por los diferentes cultivos de la zona, con un mayor margen bruto y, por lo tanto, un mayor beneficio

Por otra parte, el beneficio anual/ha durante los tres primeros años es inferior a 54.921 pts/ha. se debe a que en la situación actual 2.197 ha de los suelos salinos se están cultivando de cebada, y por lo tanto, el margen bruto inicial no es cero. El beneficio de 43.520 pts/ha es un beneficio medio.

Se ha de comparar las situaciones futuras y las situaciones actuales bajo las mismas hipótesis (GARDNER, 1983). En nuestro caso, al considerar un aumento o reducción de los precios en un 10%, se ha de conservar las mismas restricciones para la situación actual y la futura. por lo tanto el aumento o disminución porcentual del margen bruto será el mismo para las dos situaciones. Consecuentemente el beneficio se verá afectado por el mismo tanto por ciento. El beneficio resultante, en el caso de que los precios disminuyan un 10%, es el beneficio calculado con los precios reales de 1987 y dividido por 1,145, ya que 14,5% es la pérdida en el margen bruto debida al descenso del 10% en los precios de los productos. Lo que nos da un beneficio de 1.417 millones de pts/año durante los 12 últimos años

3.1.4. Cálculo del valor actual neto

Existen diferentes criterios para la evaluación de la rentabilidad de un proyecto de inversión, como la tasa interna de rentabilidad, el plazo de recuperación, la relación beneficio/inversión y el valor actual neto. Algunos de estos criterios ha tenido una gran utilización en el análisis coste-beneficio y otros sólo han sido aplicados en algunas ocasiones. Sin embargo, el criterio del valor actual neto es considerado superior a todos los demás (SASSONE y SCHAFFER, 1978).

La fórmula que nos permite el cálculo del valor actual neto es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^{15} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (12)$$

donde,

B_t : beneficio en el año t

C_t : coste en el año t

i: tasa de descuento

t: número de años de vida del proyecto

El cuadro 19 recoge estos elementos durante los 15 años de vida del proyecto.

CUADRO 19
ELEMENTOS PARA EL CALCULO DEL VALOR ACTUAL
NETO (10⁶ pts)

Año	B_t	C_t	$B_t - C_t$
0	0	1.979,6	-1.979,6
1	520	24,49	495,51
2	520	24,49	495,51
3	520	24,49	495,51
4	1.622,375	24,49	1.579,885
5	1.622,375	24,49	1.579,885
6	1.622,375	24,49	1.579,885
7	1.622,375	24,49	1.579,885
8	1.622,375	24,49	1.579,885
9	1.622,375	24,49	1.579,885
10	1.622,375	24,49	1.579,885
11	1.622,375	24,49	1.579,885
12	1.622,375	24,49	1.579,885
13	1.622,375	24,49	1.579,885
14	1.622,375	24,49	1.579,885
15	1.622,375	24,49	1.579,885

Aplicando la fórmula (12) tenemos un VAN de 8.109,4 millones de pts, utilizando una tasa de descuento del 9%.

Un proyecto es considerado viable cuando tiene un VAN mayor o igual a cero. Cuanto más alto es su VAN mejor es el proyecto.

a) Análisis de sensibilidad

El objetivo del análisis de sensibilidad es el de medir el impacto que supondría el cambio de uno o todos los elementos que entran en el cálculo del VAN.

Aquí se ha introducido un análisis de sensibilidad en los tres factores que afectan el cálculo del VAN: la tasa de descuento, los costes y los beneficios.

Se analiza el impacto sobre el VAN cuando la tasa de descuento toma el valor del 12 p. 100.

En cuanto a los costes, y como se ha mencionado antes, parecen un poco sobreestimados. Como la distancia entre drenes en este caso es de 20m, entonces se reduce en un 50 p. 100 el precio de la tubería, dado que el coste recoge un precio de tubería para un espaciamiento entre drenes de 10 m. Esto nos da un coste de 108 216 pts de drenaje por ha (1987)

Se considera que sólo el 30 p. 100 de la superficie a recuperar necesita yeso (3 585 ha). El coste de aportación de yeso será de 62 737 millones de pesetas. El coste total de recuperación de los suelos, por lo tanto será de 1 355 millones de pesetas, incluyendo el drenaje, el subsolado y el aporte de yeso.

En lo que se refiere a los beneficios, el análisis de sensibilidad se ha basado en la variación de las restricciones. En el trabajo de la DGA (1986b) sobre la incidencia de los riegos en la ordenación del territorio de Aragón, se considera que la alfalfa y las hortalizas ocuparán un 20 p. 100 y 10 p. 100, respectivamente de la superficie regable en Bardenas.

Se ha basado en estas cifras para cambiar las restricciones de la superficie máxima para la alfalfa y las hortalizas, a 20 p. 100 y 10 p. 100, respectivamente, en lugar de 9,73 p. 100 y 5,6 p. 100. Para evitar que el modelo de soluciones extremas para algunas hortalizas, se ha impuesto superficies máximas de 2 p. 100 para cada cultivo hortícola. La superficie máxima permitida es del 1 p. 100 para la patata.

La resolución del modelo da la solución que se recoge en el Cuadro 20

CUADRO 20
ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS BENEFICIOS

Margen bruto total (10 ⁶ pts/año)	10 645,73
Mano de obra total (UTH/año)	3 927,7
Probabilidad que MB < 140 000 pts/ha	≤ 10,1%
Beneficio de la recuperación de suelos salinos (10 ⁶ pts/año)	2 128,2
Creación de empleo (UTH)	799

Estos resultados serían el fruto de la recuperación de los suelos salinos y de un esfuerzo considerable en cuanto a vulgarización, ayuda técnica y mejora de la comercialización de los productos hortícolas, a fin de cambiar la estructura productiva existente e intentar aprovechar el suelo más intensivamente. Eso nos conduce, por lo tanto, a distinguir entre los beneficios que proporciona el proyecto, bajo las condiciones aquí indicadas, y los beneficios que resultarían del cambio de la estructura productiva.

Para estimar los beneficios de la recuperación de los suelos se ha de comparar la situación actual con 11 948 ha y la situación futura, aquí propuesta. Actualmente, únicamente 2 197 ha de los suelos salinos se están aprovechando con cebada, cuyo rendimiento alcanza el 100 p. 100 en el 80 p. 100 de estos suelos cultivados y el 81,25 p. 100 en el resto. Los márgenes brutos/ha, según el rendimiento, son de 54 921 pts y 36 227 pts, respectivamente. De este modo, el margen bruto total actual para las 11 948 ha es de 112,75 millones de pts. En la situación futura, cada hectárea tendrá un margen bruto de 187 557 pts. ó 2 240,93 millones de pts para las 11 948 ha.

En cuanto a consumo de agua, es de notar que el mes de Julio presenta un cuello de botella, lo que significa que el maíz ocupe únicamente la superficie mínima del 43,3 p. 100 y que la alfalfa no llegue a ocupar toda la superficie posible. El consumo de agua total y mensual queda reflejado en el Cuadro 21

CUADRO 21
ANALISIS DE SENSIBILIDAD DEL CONSUMO DE AGUA

	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Total
Consumo (m ³ /ha)	607	1 054	1 222	1 899	1 654	883	7 390
Consumo total (hm ³)	34,5	59,8	69,4	107,8	93,9	50,2	448

Se supone que Bardenas I cuenta en el futuro con una dotación de 514 hm³ (NADAL, 1988). Por lo tanto se puede concluir que el problema de escasez de agua resulta de la distribución mensual, y quizás de la capacidad del canal de transporte de agua y no de la disponibilidad del agua en el pantano de Yesa.

Los beneficios resultantes son, por lo tanto, de 2 128,2 millones de pts.

En cuanto a mano de obra, el empleo actual es de 27,74 UTH (2.197 ha por 24,25 horas/ha). El empleo futuro de la mano de obra será de 826 78 UTH al año, dado que cada ha necesitará 132,861 horas/año. La diferencia de 799,04 serían las unidades de trabajo creadas.

Si se comparan los resultados del método STEM, para la situación actual, y la situación futura aquí descrita, el beneficio global será de 2.676,1 millones de pts y la creación de empleo de 1.580,2 UTH, resultantes del cambio de estructura productiva y del saneamiento de suelos salinos

La combinación de los diversos factores que afectan el cálculo del VAN, en un análisis de sensibilidad nos permite los resultados que se recogen en el Cuadro 22.

CUADRO 22
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL VALOR ACTUAL NETO

	VAN		Creación de empleo (UTH)	TIR* (%)
	i=9%	i=12%		
Coste de inversión: 1.979,6 Beneficio anual: 1.622,375 (4º-15º año) (10 ⁶ pts)	8.108,4	6.255,6	461,23	43,5
Coste de inversión: 1.979,6 Beneficio anual: 2.128,2 (4º-15º año) (10 ⁶ pts)	10.917,9	8.485,8	799	49,22
Coste de inversión: 1.355,69 Beneficio anual: 1.622,375 (4º-15º año) (10 ⁶ pts)	8.733,35	6.879,53	461,23	57,31
Coste de inversión: 1.355,69 Beneficio anual: 2.128,2 (4º-15º año) (10 ⁶ pts)	11.541,8	9.109,7	799	63,56
Coste de inversión: 1.355,69 Beneficio anual: 1.417 (4º-15º año) (10 ⁶ pts)	7.030,82	5.386,48	444,47	54,38

* TIR (Tasa Interna de Rentabilidad): se considera que el TIR permite obtener una información complementaria a la suministrada por el VAN, por lo cual se incorporan también los resultados de este índice.

Los beneficios anuales se suponen constantes durante los tres primeros años.

El valor actual neto varía entre 5.386,48 y 11.541,8 millones de pts. El VAN tomará el peor de los valores, 5.386,48 millones de pts, caso de que la tasa de descuento sea del 12 p. 100, los costes de inversión en el sistema de drenaje sean de 1.355,69 millones de pts, y los beneficios anuales durante el período del 4º al 15º año sean de 1.417 millones de pts

Sin embargo, el VAN sería de 11.541 millones de pts, caso de que la tasa de descuento fuera de 9 p. 100, los costes de inversión de 1.355,69 millones de pts y los beneficios anuales, durante los 12 últimos años, de 2.128,2 millones de pts. Por lo que con una reducción del 31 p. 100 en los costes de inversión y un aumento del 34 p. 100 en los beneficios anuales, durante los últimos 12 años, permitiría aumentar el VAN en un 42 p. 100, utilizando una tasa de descuento del 9 p. 100.

El efecto de una subida del 10 p. 100 en los precios de los productos, no se refleja en el Cuadro 22, ya que el VAN resultante está entre los valores, mínimos y máximos, hallados con las condiciones anteriormente expresadas.

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

4.1. Resumen

La concentración de sales en el suelo afecta a la productividad de los cultivos. Los efectos más significativos se manifiestan en el descenso de los rendimientos, la sustitución de cultivos menos resistentes por cultivos más resistentes y en los costes de producción más elevados

El problema de salinidad empieza a ser considerado, a nivel regional o nacional, sólo cuando se perciben las pérdidas en la agricultura de la zona afectada, o bien cuando hay impactos secundarios de salinización de los ríos y/o acuíferos.

En el caso de este trabajo, la salinidad que afecta a la zona de Bardenas I proviene de la meteorización de la roca madre. El problema se ve agravado por la presencia de capas impermeables que impiden el drenaje natural. La superficie afectada por la salinidad es de casi 12.000 ha, de las cuales, más de 9.500 ha son totalmente improductivas. El agua de riego es de muy buena calidad. La infraestructura de regadío existe desde 1959 y cubre 56.760 ha. La superficie actualmente regada es de 47.000 ha.

Este trabajo ha permitido cuantificar las pérdidas anuales causadas por la salinidad y los costes de recuperación de los suelos. Un análisis coste-beneficio ha sido elaborado con el fin de demostrar la viabilidad del proyecto de recuperación.

Las metodologías principalmente utilizadas para analizar el problema de la salinidad, de la transformación en regadío, o de la planificación del uso del agua se basan en las técnicas de programación lineal y el análisis coste-beneficio.

En este trabajo el método STEM, que es un método multiobjetivo interactivo ha sido utilizado en lugar de la programación lineal tradicional. Además de la ventaja de permitir de optimizar más de un objetivo, el método STEM se caracteriza por su facilidad de manejo y la sencillez de la información suministrada por el centro de decisión.

Un primer modelo ha sido elaborado para representar la situación actual de la agricultura con los niveles de salinidad existentes. Un segundo modelo se ha construido para simular la situación futura. La comparación de estos dos modelos ha permitido la estimación de las pérdidas actuales anuales causadas por la salinidad.

Cuatro objetivos han sido optimizados en cada modelo. Se ha maximizado el margen bruto y el empleo de la mano de obra. La minimización de la estacionalidad se ha planteado según el método de HAZELL (1971). La minimización del riesgo se ha hecho con respecto a un parámetro t , determinado con un análisis paramétrico del modelo. La probabilidad de fracaso de lograr un nivel crítico de margen bruto g se ha calculado según la metodología propuesta por ATWOOD (1985) y BERBEL (1988).

Los costes de recuperación de los suelos han sido comparados a los beneficios. Se ha utilizado el Valor Actual Neto como la Tasa Interna de Rentabilidad como indicadores de la viabilidad del proyecto.

Dos modelos han sido elaborados para la representación de la situación actual. El primero representa la zona de Zaragoza y el segundo la de Navarra.

Las restricciones se refieren a la distribución de la superficie entre las diferentes clases de suelos, las superficies máximas y mínimas que ocupaban el trigo, maíz, alfalfa y los cultivos hortícolas durante los tres años: 1984, 1985 y 1986. Para los frutales se utilizó la superficie media.

Se utilizaron datos de seis años para los márgenes brutos (1982-1987). Los rendimientos en suelos salinos se calcularon a partir de los rendi-

mientos medios de la zona y la tabla, que recogen el descenso de los rendimientos en función de la conductividad eléctrica de la solución del suelo, publicada por AYERS y WESTCOT (1987). Los márgenes brutos han sido actualizados a pesetas de 1987 mediante el índice de precios al consumo.

Las necesidades horarias mensuales para cada hectárea de cultivo se han recopilado de varios trabajos que se hicieron en la zona o en zonas que tienen similares características.

Las necesidades de riego por mes y hectárea de cultivo se han recopilado a partir del trabajo de la DGA (1986a).

Las primeras soluciones han sido consideradas óptimas para ambos modelos de la zona de Zaragoza y de Navarra. El Cuadro 23 recoge estos resultados.

CUADRO 23
RESULTADOS DEL METODO STEM PARA LAS ZONAS DE
ZARAGOZA Y DE NAVARRA

Zona	Margen bruto (pts/ha)	Margen bruto total (mill. pts)	Mano de obra (horas/ha)	Mano de obra total (UTH)	Estacionalidad del empleo $\Sigma(S_m^+ + S_m^-)$	Probabilidad de que MB < 140.000 pts/ha
Zaragoza	164.941	6.345,52	90,80	1.823	57,77	$\leq 2,37\%$
Navarra	192.337	1.624,09	119.264	524,5	60,71	$\leq 2,06\%$

Se han agregado estos resultados para dar una imagen más global de la zona de Bardenas I. La agregación se hizo en función del porcentaje de las superficies regadas que ocupa Zaragoza y Navarra con respecto a la superficie total. Estos resultados han sido:

Margen bruto total de la zona: 7.969,61 millones de pts. (1987)

Mano de obra utilizada: 2.347,5 unidades de trabajo humano/año

La probabilidad de que el margen bruto/ha sea menor que 140.000 pts es $P \leq 2,31$ p. 100.

La estacionalidad del trabajo se recoge en el Cuadro 14.

MARTINEZ BELTRAN (1978), en su trabajo sobre la recuperación y el drenaje de los suelos salinos en Bardenas I ha presentado los resultados experimentales realizados en dos fincas. Estos resultados sirvieron de base para la evaluación de los costes de recuperación.

Los precios utilizados son precios de mercado a pesetas de 1987. Los costes secundarios de salinización de ríos no han sido considerados, debido a que estos fenómenos no afectan a la zona de Bardenas I. No se ha considerado beneficios secundarios resultantes de la inversión ya que no presentan ganancias reales netas a la sociedad.

La tasa de descuento utilizada es del 9 p. 100, ligeramente inferior a la tasa de interés legal para 1987. La vida útil del proyecto ha sido considerada de 15 años.

Los costes utilizados para el sistema de drenaje son los publicados en el trabajo de MARTINEZ BELTRAN (1986b) y actualizados a pesetas de 1987 mediante el índice de precios pagados por los agricultores. A estos costes se ha añadido el coste de aportación de 10 toneladas de yeso por hectárea. El coste total por hectárea ha sido de 165 684 pts. Los costes de mantenimiento han sido de 2 050 pts/ha.

El coste total de recuperación ha sido estimado en 1 979,6 millones de pts para las 11 948 ha.

Dos modelos de programación lineal multiobjetivo, han sido elaborados y resueltos mediante el método STEM, bajo la hipotética situación de no existencia de futura salinidad para la estimación de los beneficios. El primer modelo suponía que durante los tres primeros años los suelos salinos serían cultivados únicamente de cebada. El segundo modelo suponía que la distribución de cultivos guarda las mismas proporciones actuales. Las restricciones de disponibilidad de agua en el futuro han sido introducidas en este último modelo.

Los resultados de estos dos modelos y los beneficios anuales de la recuperación de suelos se recogen en el Cuadro 24.

Se ha evaluado el efecto de un aumento o disminución de un 10 p. 100 de los precios sobre el margen bruto y el beneficio para el período 4^o-15^o año. Siendo constantes los otros objetivos.

El valor actual neto es uno de los criterios más utilizados para evaluar la viabilidad de los proyectos. El valor actual neto ha sido de 8 109,4 millones de pts con una tasa de descuento del 9 p. 100, teniendo en consideración los costes y beneficios mencionados.

CUADRO 24
RESULTADOS DEL METODO STEM PARA EL FUTURO DE
BARDENAS I Y BENEFICIOS DE LA RECUPERACION DE SUELOS

	Período	
	1 ^o -3 ^o año	4 ^o -15 ^o años
Margen bruto anual (millones de pts)	8 499,59	9 591,9
Empleo de mano de obra (UTH)/año	2 487,60	2 808,7
Probabilidad que el margen bruto < 140.000 pts	≤ 36%	≤ 2,16%
Consumo de agua (m ³ /ha)	8 411,00	7 390,0
Beneficio anual (millones de pts)	520,00	1 622,37
Creación de empleo (UTH)	140,12	461,23

Los efectos combinados, sobre el VAN, de la reducción del coste de drenaje, el aumento o descenso de los beneficios y de la utilización de una tasa de descuento del 12 p. 100, han sido evaluados. Los beneficios anuales durante los tres primeros años, así como los costes de mantenimiento han sido considerados constantes.

El VAN varía entre 5 386,48 y 11 541,8 millones de pts

4.2. Conclusiones

En la interpretación de los resultados hay que tomar las siguientes precauciones:

- a) La estimación del VAN depende en parte de los mapas y del planimetrado de los mapas, que tiene sus consecuencias en la extensión de la superficie salina y en las informaciones en cuanto a alcalinidad y sodicidad. En realidad, la salinidad se desarrolla muy pocas veces de una manera uniforme y es imposible, por lo tanto, cartografiar con detalle áreas de alta o baja salinidad. Por esta razón, cuanto mayor es la escala mejor es la información. La escala con que se ha trabajado en este análisis ha sido de 1/50 000 y 1/25 000, respectivamente, para las zonas de Zaragoza y de Navarra, de Bardenas I. Lo ideal hubiera sido disponer de un mapa a escala 1/10 000, complementado con otro a escala 1/5 000, para las zonas previsiblemente más problemáticas. El efecto de los mapas repercute en la estimación de la extensión de la superficie afectada por la salinidad en el aporte de yeso; por lo que varía el coste de la inversión y el valor total que toma el VAN.



El reducir la aportación de yeso únicamente al 30 p. 100 de la superficie salina y el coste de la tubería en un 50 p. 100 supone un incremento del 7,7 p. 100 en el VAN.

En nuestro estudio se ha considerado que todos los suelos salinos se podrían recuperar y que el coste de recuperación por hectárea es similar para todas las zonas salinas. Un mejor conocimiento de las zonas supondría el cambiar estas hipótesis para acercarnos más a la realidad.

Por otra parte, e independientemente de la superficie total a recuperar, se considera que el VAN varía entre 450 000 pts y 966.000 pts por hectárea de suelo salino que se puede recuperar.

- b) Los costes de puesta en regadío no han sido incluidos, debido a que en este caso la infraestructura de regadío es previa al proyecto de drenaje. Sin embargo, no habrá producción si no se recuperan los suelos. Por lo tanto estos resultados no pueden ser utilizados, en un análisis coste-beneficio, en casos de transformación en regadío de suelos con problemas de salinidad. La diferencia consiste esencialmente en la situación anterior al proyecto. En un proyecto de transformación en regadío, en la situación inicial se trata del aprovechamiento del suelo en seco y la ausencia de infraestructura de riego.
- c) Este análisis presenta los resultados según las restricciones actuales en cuanto a superficies ocupadas por cada cultivo. Así, la superficie está distribuida en: 30 p. 100 de cereales de invierno, 54 p. 100 de maíz, 10 p. 100 de alfalfa, 5 p. 100 de hortalizas y poco más del 1 p. 100 de frutales. Si se produce un cambio en esta distribución, como para alcanzar, 20 p. 100 de alfalfa y 10 p. 100 de hortalizas DGA (1986b), no sólo se aumentarán los beneficios resultantes de la recuperación de los suelos, si no que se incrementará el margen bruto y el empleo, incluso, en la superficie no salina.

En lo que concierne los beneficios de la recuperación de los suelos salinos, se verán incrementados en un 34 p. 100, para alcanzar 2.128 millones de pesetas/año. El VAN, considerando siempre una tasa de descuento de 9 p. 100, se verá acrecentado en un 34 p. 100, para llegar a 10.917 millones de pesetas (1987).

- d) Los precios utilizados son precios medios de 1982-1987, referidos a pesetas constantes de 1987. Estos precios son ligeramente superiores a los precios de 1987 en lo que respecta a trigo, cebada, maíz, alfalfa, judía verde, tomate, patata y frutales; para el resto de los productos, los precios medios son ligeramente inferiores a los precios reales de 1987.

Un análisis de sensibilidad ha sido llevado a cabo con el fin de paliar a este problema. Un aumento del 10 p. 100 en los precios supondría que los beneficios anuales de la recuperación de los suelos se incrementarían en un 13,5 p. 100 pasando a ser de 841 millones de pesetas, es decir, 154.117 pts/ha. Por el contrario, si los precios sufriesen un descenso del 10 p. 100, los beneficios anuales de la recuperación de los suelos salinos experimentarían un descenso del 14,5 p. 100, pasando a ser 1.417 millones ó 118.597 pts. ha.

- e) Los resultados de este modelo regional no pueden ser trasladados a nivel de explotación, debido al nivel globalizado de los distintos parámetros, y a la diferencia en cuanto al objetivo respecto al empleo, que debería ser minimizado, cuando se trata de optimizar la situación a nivel de la explotación. Por lo tanto la distribución de la superficie que da la solución óptima puede ser diferente de la agregación de todas las soluciones óptimas de las explotaciones. Sin embargo, este análisis ha demostrado que las pérdidas actuales causadas por la salinidad son considerables y que los beneficios que resultarían de la implantación de un sistema de drenaje no son nada despreciables.
- f) Hay que mencionar que, junto al problema de salinidad, hay una escasez de agua en el mes de julio, que en la situación actual no ha sido posible de cuantificar, pero que representa un cuello de botella bastante limitante en el futuro sobre todo si se sigue manteniendo el actual consumo irracional de agua.

Si se mejora el manejo del agua, es decir, una mejor distribución entre los regantes para reducir el intervalo entre dos riegos sucesivos y una mayor eficiencia, se puede llegar a tener hasta un 20 p. 100 de alfalfa, 10 p. 100 de hortalizas, 43,5 p. 100 maíz, 26,5 p. 100 de cereales de invierno y 1 p. 100 de frutales. Esto aumentaría considerablemente el margen bruto y el nivel de empleo de la zona y evitaría el despilfarro de 120 hm³ de agua, que tienen impactos secundarios muy negativos en cuanto a la salinización de los ríos Arba y Aragón.

- g) Hay que anotar que sólo los resultados del margen bruto y el empleo de mano de obra han sido incluidos en el análisis económico. Los resultados concernientes al riesgo y a la estacionalidad se mencionan como informaciones cualitativas únicamente, ya que no pueden entrar en el cálculo del valor actual neto. Tampoco existe otra metodología que las incorpora, ya que hasta el momento se ha solido aplicar la programación lineal tradicional con un objetivo único, fácilmente incorporable en un análisis económico.



Con respecto al modelo utilizado parece oportuno citar las siguientes observaciones:

- 1) La determinación del parámetro t queda un poco confusa en el cálculo del riesgo y tiene una influencia directa sobre la probabilidad de fracaso de conseguir un nivel mínimo de ingreso. Sobre todo al tener que efectuar la agregación de modelos y su comparación. Faltan trabajos teóricos en este sentido con el fin de encontrar un mejor método para determinar este parámetro t .
- 2) En cuanto a la minimización de las variables de desviación con respecto a la media, cuando se trate de minimizar la estacionalidad del empleo, hay que señalar que si se dispusiera de una información más detallada, se pudiera haber planteado este objetivo de diferente manera. Así, por ejemplo, si se conociera el nivel de empleo actual en la zona se procedería a minimizar las desviaciones negativas con respecto a este nivel, porque lo más importante es aprovechar al máximo un recurso disponible no almacenable como el trabajo. También en la situación futura la minimización de las variables de desviación negativas se podrían hacer con respecto a un nivel de empleo deseable, que fijara el centro decisor.
- 3) El problema de la salinidad de los suelos, es un poco diferente del problema de la salinización del agua, donde es preferible tratar el tema mediante programación multiperiódica para reflejar los cambios anuales de las salinidad en el tiempo. Sin embargo, con la salinidad de los suelos aunque existen cambios de un año a otro, sobre todo durante los tres primeros años, no son grandes. Por lo tanto, en este análisis sólo han sido considerados dos períodos en los que creemos que realmente se acusa un importante cambio, para tener en cuenta la cuestión de la salinidad a lo largo del tiempo. Por otra parte, los modelos de programación multiperiodicos necesitan una información más detallada que no está disponible en este caso. Además estos modelos multiperiodicos son generalmente muy largos y por lo tanto son complicados de tratar. Además todos los trabajos que han tratado el problema de la salinidad a nivel regional se han hecho mediante programación lineal. A nivel de la explotación, HOWITT (1986) en su revisión bibliográfica sobre modelos de gestión de los residuos agrícolas, menciona una aplicación de la programación dinámica

De cara al futuro, caso de realizar nuevas acciones, habría que tener en cuenta algunos condicionantes:

Las ganancias de la recuperación de los suelos salinos son considerables. Se debería plantear el tema de la financiación del proyecto de

recuperación de los suelos alinos. Un estudio previo, a nivel de la explotación habría de ser realizado en el caso de que los agricultores fueran los que tuvieran que pagar. Igualmente habría de decidirse acerca de las condiciones del préstamo y las subvenciones necesarias. Se podrá aplicar la programación multiperiódica, como metodología apropiada para determinar todos esos condicionantes

El agua tiene dos repercusiones muy importantes. La primera, es la mejora de su distribución y el incremento de la eficiencia del riego. Esto permitiría aumentar la productividad de la agricultura en Bardenas I. La generación de datos es indispensable para la realización de este objetivo. La segunda repercusión pudiera representar una ganancia a la agricultura en la cuenca del Ebro aunque no se beneficiaría Bardenas I. Ha de hacerse a través de la reducción de la descarga salina, es decir, la reducción del agua de drenaje. Deben plantearse las alternativas, como el establecimiento de una tasa progresiva para el precio del agua, el cambio del sistema de regadío o el control de los desagües.

SUMMARY

Soil salinity accumulation is a problem affecting irrigation on Bardenas. The objective of this work is to analyse actual economic losses and future benefits resulting from salinity soil recuperation. Multiobjective linear programming has been used to present the actual situation with its respective salinity levels. A simulation has been undertaken using the same methodology assuming that there was no salinity. Finally an economic evaluation has been performed with a sensitivity analysis.

KEY WORDS: Soil salinity, recuperation, multiobjective programs, economic analysis.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUINACO M.T., AMEZQUETA E., CARVALHO A., CHIRINO E., MARTINEZ A., MERCADO H. 1986. Ejea de los Caballeros-Tauste: Una visión ecológica para un desarrollo integral. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Zaragoza.

ALBISU L.M., GIL J.M., ARAGUES R., 1988. Impacto económico de agua salina en la agricultura de la cuenca del Gállego. Comunicaciones INIA. Serie Economía. Nº 25. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

ALONSO R., IRURETAGOYENA M.T., 1986. La obtención de alternativas de cultivos mediante programación por metas lexicográficas. *Investigación Agraria. Economía*, 1(1-2): 11-24.

ALONSO R., IRURETAGOYENA M.T., (en prensa) Los métodos multicriterio en la programación de actividades agrarias.

ARAGUES R., ALBERTO F., 1983. La salinización. Ponencia presentada al V Salón Monográfico del agua Zaragoza.

ARBELLA M.L., ASTILLERO M.J., BONILLA F., DIAZ ESCUDERO A.I., HERNANDEZ M.L. 1980. Estudio de ordenación rural del término de Ejea de los Caballeros (Zaragoza). Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.

ATWOOD J., 1985. Lower partial moments and safety. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 67(4): 787-793.

AYERS R.S., WESTCOT D.W., 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje. Nº 29. Rev. 1.

BARNETT D., BLAKE B., McCARL B A., 1982. Goal programming via multidimensional scaling applied to Senegalese subsistence farms. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 64(4): 721-727.

BASSO L.A., 1989. La contribución de los efluentes de riego de Bardenas I, Monegros I y Cinca a la salinización de las aguas superficiales de la cuenca del Ebro. Tesis de Master Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Zaragoza.

BENAYOUN R.J., DE MONTGOLFLER J.T., TERGNY J., LARITCHEVO. 1971. Linear programming with multiple objective functions: step method (STEM). En: *Mathematical Programming*, 1(1971): 366-375.

BERBEL J., 1987. Analysis of protected cultivation: An application of multiobjective programming techniques to Spanish horticulture. Fifth European Congress of Agricultural Economists. Working Group B8. Farm Management Hungray.

BERBEL J., 1988. Target returns within risk programming models: A multi-objective approach. En: *Journal of Agricultural Economics*, 39(2): 263-270.

BOUSSARD J.M. 1987. *Economie de l'agriculture*. Edition Economica. París.

BRUCE M., BLAKE B.F. 1983. Goal programming via multidimensional scaling applied to Senegalese subsistence farming: Reply. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 65(4): 832-833.

CAVERO F.J., DELGADO I., 1984. Secano y regadío en Aragón: Una orientación cuantitativa. En: *An INIA/Ser Econ. y Soc. Agr.* Nº 8: 141-173. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

CEÑA F., ROMERO C., 1982. Evaluación económica y financiera de inversiones agrarias. Edición del Banco de Crédito Agrícola. Madrid.

CHANKONG V., HAIMES Y Y., 1983. Multiobjective decision making theory and methodology. Elsevier. New York.

CLINE W.R., 1973. Cost-benefit analysis of irrigation projects in North-Eastern Brazil. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 55(4): 622-627.

COHON L.J., 1978. Multiobjective programming and planning. Academic Press. London.

CORDONNIER P., CARLES R., MARSAL P. 1973. Economía de la empresa agraria. Mundi Prensa. Madrid.

DE LOS RIOS F. 1966. Colonización de las Bardenas, Cinco Villas, Somontano y Monegros. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

DGA, 1986a. Estudio del inventario, delimitación, clasificación y demanda hídrica de los riegos en Aragón. Tomo II. Diputación General de Aragón. Zaragoza.

DGA. 1986b. Incidencia de los riegos en la ordenación del territorio de Aragón. Tomo I. Diputación General de Aragón. Zaragoza.

DOMINGO J., ROMERO C., 1985. Un modelo de planificación financiera de una empresa cooperativa en un contexto de objetivos y metas múltiples. *An INIA/Ser. Econ. y Sociol. Agr. /Vol 9*: 235-262. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

DUDEK D.J., HORNER G., ENGLISH M.J., 1981. The derived demand for irrigation scheduling services. *Western Journal of Agricultural Economics*; Dec 1981. 217-227.

DUDEK D.J., HORNER G., 1985. Integrated physical-economic resource analysis: A case study of the San Joaquin Valley Research Agreement. Economic Research Service USDA. Oklahoma.

FANDEL G., SPRONK J., (ed.) 1985. Multiple criteria decision methods and applications. Springer-Verlag. Holanda.

FAO. 1979. Elementos para el proyecto de drenaje. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Roma.

FISHBURN P.C. (1977) Mean-risk analysis with risk associated with bellow target returns. En: American Economics Review, 67: 116-126.

FLINN J.C., JAYASURIYA S., KNIGHT C.G. 1980. Incorporating multiple objectives in planning models of low-resource farmers. En: Australian Journal of Agricultural Economics, 24(1): 34-45.

GARDNER B.D. 1986. Assessing salinity and toxic element disposal problems in the San Joaquin Valley. En: Decision criteria for risudals management in agriculture, pp. 3-35. Gerald Horner (Editor). California.

GARDNER R.L., 1983. Economics and cost sharing of salinity control in the Colorado River Basin. Ph. D. Dissertation. Colorado State University. UMI. Dissertation information service.

GARDNER R.L., YOUNG R.A., 1985. An economic evaluation of the Colorado River Basin salinity control program. En: Western Journal of Agricultural Economics, 10(1): 1-12.

GARDNER R.L., YOUNG R.A., 1988. Assessing strategies for control of irrigation induced salinity in the upper Colorado River Basin. En: American Journal of Agricultural Economics, 70(1): 37-49.

GASSON R., 1973. Goals and values of farmers. Journal of Agricultural Economics, 24(3): 521-537.

GEOFFRION A.M., DYER J.S., FEINBERG A., 1972. An interactive approach for multiple-criterion optimization, with an application to the operation of an academic department. En: Management Science, 19 (1972): 357-368.

GITTINGER J.P. 1982. Economic analysis of agricultural projects. Ed. Series in Economic Development. World Bank. London.

GRIMES D.W., WALLENDER W.W., 1986. Is the existing salinity-crop yield production function data base adequate for research?. En: Decision criteria for

risiduals management in agriculture, pp. 81-106. Gerald Horner (Editor). California.

HANKS R.J., ANDERSEN J.C., 1981. Physical and economic evaluation of irrigation return flow and salinity on a farm. En: Salinity in irrigation and water resources, pp. 173-199. Yaron D. (Editor). New York.

HARMAN L.W., HATCH R.E., EIDMAN V.R., CLAYPOOL P.L. 1972. An evaluation of factors affecting the Hierarchy of multiple goals. Technical Bulletin T 134. Oklahoma Agricultural Experiment Station and USDA. Oklahoma.

HARPER W.H., EASTMEN C., 1980. An evaluation of goal hierarchies for small farm operations. En: American Journal of Agricultural Economics, 62: 742-747.

HARTLEY R. 1985. Linear and non linear programming: an introduction to linear methods in mathematical programming. Ellis Harwood Limited. London.

HAZELL P.B.R. 1971. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. En: American Journal of Agricultural Economics, 53(1): 53-62.

HAZELL P.B.R., NORTON R.D. 1986. Mathematical programming for economic analysis in agriculture. MacMillan Publishing Company. New York.

HIRA G.S., SINGH N.T., SINGH R., 1980. Water requirements during the reclamation of sodic soils with gypsum. International symposium on salt affected soils. Karnal. India.

HOLTHAUSEN D.M. 1981. A risk return model with risk measured as deviation from a target return. En: American Economics Review, 71: 182-188.

HOWITT R.E. 1986. Analytical systems in agricultural water quality modeling. En: Decision criteria for risudals management in agriculture, pp. 179-203. Gerald Horner (Editor). California.

IGNIZIO J.P. 1976. Goal programming and extension. Lexington Books. Massachussets.

IGNIZIO J.P., 1982. Linear programming in single and multiple-objective systems. Prentice-Hall-Inc. Englewood Cliffs.

- IRYDA, 1974. Estudio semidetallado de los suelos afectados por la salinidad de la zona regable de ls Bardenas (Zaragoza) Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Madrid.
- IRYDA, INTECSA, 1980. Estudio de los suelos de la ampliación del área regable del término municipal de Quinto de Ebro. Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid
- KAY R.D., 1986. Farm Management: Planning, control and implementation McGraw-Hill. New York.
- LAUGHLIN D.H., LACEWELL R.D., 1981. Agricultural Benefits of Salinity Control on the Red River. En: Western Journal of Agricultural Economics December, 1981: 195-206
- LETEY J., DINAR A., KNAPP K.C., 1988. Economic incentives for irrigation drainage reduction. En: California Agriculture, 42(3): 12-13
- MAAS E.V., HOFFMAN G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment En: Journal of the Irrigation and Drainage Division, 103: 115-134.
- MAINO M., ALONSO R., IRURETAGOYENA T., 1987. Planificación de fincas ganaderas bovinas mediante modelos de programación multiobjetivo. En: Investigación Agraria Economía, 2(1): 9-32.
- MARTINEZ BELTRAN J., 1978. Drainage and land reclamation of salt-affected soils. Bardenas Area, Spain International Institute of Land Reclamation and Improvement. Publication nº 24, 321 p. Wageningen, Netherlands.
- MARTINEZ BELTRAN J., 1986a. Drenaje agrícola. Volumen I. Manual técnico nº 5 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. IRYDA.
- MARTINEZ BELTRAN J., 1986b. Drainage in Spain land reclamation projects. Proceeding of the twenty fifth symposium. International Course on Land Drainage International Institute of Land Reclamation and Improvement (ILRI) and International Agricultural Centre. ILRI Publication nº 42. 1987. Wageningen, The Netherlands.
- MARTINEZ BELTRAN J., 1988. Drainage criteria for heavy soils with a shallow impervious layer En: Agricultural Water Management, 14: 91-96.
- MAPA, 1984, 1985 y 1986. Superficies ocupadas por los cultivos agrícolas (1-T).

- MAROTO J.V., 1983. Horticultura herbácea especial. Mundi-Prensa. Madrid
- McNEAL B.L., 1974. Soil salts and their effects on water movement. En Drainage for agriculture, pp. 409-431. Schilfgaarde (Editor). American Society of Agronomy. Serie: Agronomy nº 17.
- MONTERO C.M., FANDO E.U., 1981. Fichas de presupuestos de opciones alternativas en diferentes orientaciones productivas para explotaciones de regadío con superficie de 10 ha en la zona norte de Zaragoza y sur de Huesca. Servicio de Extensión Agraria. Diputación Agraria. Diputación General de Aragón. Zaragoza.
- MOORE C.V., SNYDER J.H., SUN P., 1974. Effects of Colorado River water quality on irrigated agriculture. En: Water Resources Research, 10(2): 137-144
- MOORE V.C., 1981. Economic evaluation of irrigation with saline water within the framework of a farm, methodology and empirical findings. A case study of Imperial Valley, California. En: Salinity in irrigation and water resources, pp 159-172 y Yaron D. (Editor). New York
- NADALE, 1988. La regulación del río Aragón. Confederación Hidrográfica del Ebro. Ponencia en las Jornadas del Agua. Ejea. Unión de Agricultores y Ganaderos de Aragón. Zaragoza.
- NIJKAMP P., VOOGDH., 1985. A survey of qualitative multiple criteria choice models. En: Measuring the unmeasurable, pp. 425-44. Nijkamp. Leither y Wrihley (Editors). Dordrecht.
- PUIG E., CASADO C.S., 1984. Técnicas de cultivo de frutales en la región aragonesa. Documento de trabajo 84/2. Servicio de Investigación Agraria. Diputación general de Aragón. Zaragoza.
- RENASA, 1976. Estudio de reconocimiento de detalle sectores III a VI y IX a XIII y estudio de detalle del sector XIII, Bardenas (Navarra)
- RHOADES J.D., 1982. Reclamation and management of salt affected soils after drainage. Proc. of the first annual western provincial conference. Soil and water management seminar. Canadá.
- ROMERO C., REHMAN T., 1983. Goal programming via multidimensional scaling applied to senegalese subsistence farming: Comment. En: American Journal of Agricultural Economics, 65(4): 829-831.

- ROMERO C , REHMAN T , 1984. Goal programming and multiple criteria decisionmaking in farm planning. An expository analysis *Journal of Agricultural Economics*, 35: 177-190.
- ROMERO C , REHMAN T , 1986. La programación multiobjetivo y la planificación agraria: algunas consideraciones teóricas. En: *Agricultura y Sociedad*, 40: 9-35.
- ROMERO C , 1986. A survey of generalized goal programming: 1970-1982. En: *European Journal of operational Research*, 25(2): 183-191.
- ROMERO C , AMADOR F , BARCO A , 1987. Multiple objectives in agricultural planning: A compromise programming application. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 69(1): 78-86.
- ROMERO C , REHMAN T , DOMINGO J , 1988. Compromise risk programming for agricultural resource allocation problems: An illustration. En: *Journal of Agricultural Economics*, 39(2): 271-278.
- ROMERO C , REHMAN T , 1988. An explotation of the usefulness of interactive approaches to multiple criteria decision models for agricultural planning. XX International Conference of Agricultural Economists. Argentina.
- ROMERO C , REHMAN T , 1989. Multiple criteria decision making techniques for agricultural decisions. Elsevia Amsterdam.
- SASSONE P.G , SCHAFFER W.A , 1978. Cost-Benefit analysis: A handbook. Academic Press. New York.
- SEA, 1981. Explotaciones de horticultura intensiva. Area valle medio del Ebro. Servicio de Extensión Agraria (SEA). Diputación General de Aragón. Departamento de Agricultura. Zaragoza.
- SHAPIRO R.D , 1984. Optimization models for planning and allocation: text and cases in mathematical programming. John Wiley & Sons. New York.
- SING P , 1980. An appraisal of the economics of reclamation of alkali soils. International symposium on salt-affected soils. Karnal. India.
- SINHAHA C.P , BORAH R.C , 1980. The evaluation of an alkali soil reclamation project at Pakharauli in Uttar Pradesh. International symposium on saltaffected soils. Karnal. India.
- SKOGERBOE G.V , WALKER W.R , 1981. Impact of irrigation on the quality of groundwater and river flows. En: *Salinity in irrigation and water resources*. Yaron D. (Editor). New York.
- TAUER L.W , 1983. Target MOTAD. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 65(3): 606-610.
- WATTS M.J , HELD L , HELMERS G , 1984. A comparison of target-MOTAD to MOTAD. En: *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 19: 175-185.
- WHEELER B.M , RUSSEL J.R.M , 1977. Goal programming and agricultural planning. En: *Operational Research Quartely*, 28(1): 21-32.
- WICHELNS D , 1986. Economic impact of salinity: Farm-level effects and regional analysis. Ph. D. Dissertation. University of California. Davis. U.M.I. Dissertation Information Service. California.
- WICHELNS D , HOWITT R.E , HORNER G.L , NELSON D , 1988. The economic effects of salinity and drainage problems. En: *California Agriculture*, 42(1): 10-12.
- WIERZBICKI R.P , 1983. Critical essay on the methodology of multiobjective analysis. En: *Regional Science and Urban Economics*, 13: 5-29.
- WILLIS C.E , PERLACK R.D , 1980. A comparison of generating techniques and goal programming for public investment, multiple objective decision making. En: *American Journal of Agricultural Economics*, 62(1): 66-74.
- YARON D , 1981. The salinity problem in irrigation: An introductory review. En: *Salinity in irrigation and water resources*, pp. 1-20. Yaron D (Editor). New York.
- YOUNG R.A , LEATHERS L.K , 1981. Economic impacts of regional saline irrigation return flow management programs. En: *Salinity in irrigation and water resources*, pp. 201-214. Yaron D (Editor). New York.
- YOUNG R.A , HAVEMAN R.H , 1985. Economics of water resources. A survey. En: *Handbook of natural resource and energy economics*. Vol. II, 465-521. Kneese y Sweeney (Editors). Holanda.
- ZIONTS S , WALLENIUS J , 1983. An interactive multiple objective linear programming method for a class of underlying nonlinear utility functions. En: *Management Science* 29(5): 519-529.

ANEJOS



ANEJO I
NECESIDADES DE MANO DE OBRA DE LOS CULTIVOS



**CUADRO 1
NECESIDADES DE MANO DE OBRA HORARIAS POR HECTAREA DE CULTIVO**

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Guisante (2)												
Hombres	38,00			6,0	4,0	24,0			4,0			
Tracción	22,85				2,6	4,0				16,25		
Total	60,85			6,0	6,6	28,0			4,0	16,25		
Cebada (3)												
Hombres	4,00			2,0	2,0							
Tracción	20,25		2,5			1,25	2,0		5,0	7,5	2,0	
Total	24,25		2,5	2,0	2,0	1,25	2,0		5,0	7,5	2,0	
Maíz (3)												
Hombres	39,50				3,0	25,5	4,5	3,0	1,5	2,0		
Tracción	22,70	5,0		9,0	3,7						5,0	
Total	62,20	5,0		9,0	6,7	25,5	4,5	3,0	1,5	2,0	5,0	
Judías verdes (4)												
Hombres	14,00			4,0	6,0	4,0						
Tracción	27,00			7,0			20,0					
Total	41,00			11,0	6,0	4,0	20,0					
Patata temprana (5)												
Hombres	288,00	78,0		48,0	26,0	80,0	56,0					
Tracción	55,00	27,0		8,0		8,0	12,0					
Total	343,00	105,0		56,0	26,0	88,0	68,0					
Alcachofa (5)												
Hombres	891,00	3,0	46,0	70,0	179,0	165,0		42,0	16,0	220,0	150,0	
Tracción	88,00		12,0	4,0	8,0	8,0		12,0		26,0	18,0	
Total	979,00	3,0	59,0	74,0	187,0	173,0		54,0	16,0	246,0	168,0	
Trigo (3)												
Hombres	4,00			2,0	2,0							
Tracción	20,25		2,5			1,25	2,0		5,0	7,5	2,0	
Total	24,25		2,5	2,0	2,0	1,25	2,0		5,0	7,5	2,0	
Alfalfa (2)												
Hombres	63,00			6,5	12,0	12,00	12,0	12,0	8,5			
Tracción	47,25	3,5			8,75	8,75	8,75	8,75	8,75			
Total	110,25	3,5		6,5	20,75	20,75	20,75	20,75	17,25			
Coliflor (2)												
Hombres	471,50						68,50	59,50	7,50	232,0	104,0	
Tracción	20,00						15,00	5,00				
Total	491,50						83,50	64,50	7,50	232,0	104,0	

CUADRO 1. Continuación

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Pimiento (2)												
Hombres	441,00	14,0	7,0	16,0	88,0	6,00	16,00	16,00	56,00	222,0		
Tracción	40,00	1,0	-	16,0	4,5	10,50	-	-	2,00	6,0		
Total	481,00	15,0	7,0	32,0	92,5	16,50	16,00	16,00	56,00	228,0		
Tomate (2)												
Hombres	751,40	11,0	6,0	12,0	50,0	6,0	16,0	16,0	388,40	246,0		
Tracción	45,00	1,0	-	17,0	4,5	10,5	-	-	7,50	4,5		
Total	796,40	12,0	6,0	29,0	54,5	16,5	16,0	16,0	395,90	250,5		
Cebolla (5)												
Hombres	975,5	-	0,75	30,75	24,5	427,5	14,0	14,0	6,0	385	-	35
Tracción	52,0	-	-	6,0	9,0	3,0	-	-	-	27,0	-	7
Total	989,5	-	0,75	36,75	33,5	430,5	14,0	14,0	6,0	412,0	-	42
Peral (1)												
Hombres	644,0	64	8	8	16	8	12	32	24	400	-	9
Tracción	24,0	4	2	-	-	-	2	2	2	10	-	-
Total	668,0	68	10	8	16	8	14	34	26	410	-	8
Manzano (1)												
Hombres	427,5	32	1	9	3,5	6	14,5	3	11	164	160	1,5
Tracción	29,0	3	2	-	-	-	-	2	2	-	20	-
Total	456,5	35	3	9	3,5	6	14,5	5	3	164	180	1,5
Melocotón (1)												
Hombres	553,5	63	1,5	5,5	3,0	148,5	9,5	9,5	241,5	4	3	1,5
Tracción	24,0	3	-	-	-	3	3	3	-	-	-	8
Total	577,5	66	1,5	5,5	3	151,5	12,5	12,5	241,5	4	3	9,5

Fuente: (1) Puig y Casado (1984). Técnicas de cultivo de frutales
 (2) Montero y Fando (1981) Fichas de presupuestos de opciones alternativas en diferentes orientaciones productivas para explotaciones de regadío
 (3) IRYDA (1986). Historia y evolución de la colonización agraria en España
 (4) Maroto (1983) Horticultura herbácea especial
 (5) SEA (1981). Explotaciones de horticultura intensiva. Área valle medio del Ebro

ANEJO II PRECIOS DE PRODUCTOS Y FACTORES

CUADRO 2
PRECIOS DE FERTILIZANTES Y COMBUSTIBLE (pts/kg)

Productos	1982	1983	1984	1985	1986	1987
12-24-8 (1)	27,96	30,44	33,93	35,16	37,98	37,80
12-12-24 (2)	26,00	27,35	30,62	32,54	32,54	36,23
8-24-8 (1)	26,00	27,79	31,00	32,11	34,70	34,54
0-14-17 (2)	14,32	15,48	17,33	18,42	18,42	20,51
4-12-8 (1)	16,03	17,55	19,59	20,30	21,43	21,82
15-15-15 (1)	27,41	29,42	32,77	33,96	36,69	36,51
8-15-15 (1)	22,74	24,54	27,37	28,36	30,64	30,49
9-18-27 (1)	27,83	30,00	33,45	34,66	37,45	37,28
Nitrato (33,5%)(1)	26,54	28,49	31,55	34,06	35,49	33,25
Nitrosulfato Amónico (26 %) (1)		23,70	26,24	29,43	30,23	28,18
Nitrato (26 %) (1)	22,15	23,99	26,62	28,73	29,88	27,84
Urea (1)	32,39	34,58	38,26	41,30	41,92	37,41
CIK (2)	18,07	19,66	22	23,37	24,85	23,87
Combustible (pts/hora)	427	493,2	552,4	605	473,5	532,7

Fuente: (1) MAPA. Boletín Mensual de Estadística.
(2) Cavero y Delgado 1984. Secano y regadío en Aragón. Una orientación cuantitativa.

CUADRO 3
PRECIOS DE SEMILLAS (pts/kg)

Productos	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Cebada	27	29,38	37,64	40	44	49
Trigo	35	38,09	38,06	41	51,5	54,5
Maíz	390	424,5	353,5	469	579,5	590
Alfalfa	400	408,7	367	290	375	425
Judía verde para industria	120	130,6	423,5	450	500	725
Guisante verde para industria	87	95,2	169	180	190	212
Patata	37	40,25	52,7	56	48	61
Coliflor						
pts/1.000 plantas	1.200	1.315	1.465	1.633	1.837	1.861
Alcachofa						
pts/zueca	10	10,1	10,8	12,04	13,54	13,71
Cebolla	3.400	3.825	4.460	4.730	4.925	5.485

Fuente: Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes (DGA) Sección estadística.



ANEJO III
GASTOS VARIABLES DE LOS CULTIVOS

CUADRO 4
INDICE DE LOS PRECIOS PAGADOS POR LOS AGRICULTORES (1976 = 100)

Productos	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Fertilizantes	269,4	293,2	328,2	348,7	370,8	354,1
Semilla y plántones	212,7	239,5	279,1	296,1	308,2	343,6
Gasóleo	463,7	535,7	600,0	657,1	622,9	578,6
Tratamientos fitosanitarios	176,8	201,0	239,7	264,2	265,8	267,0
Plantaciones	215,2	235,8	262,8	293,1	329,8	34,1
Índice general	-	-	-	312,1	326,3	332,5

Fuente: MAPA. Boletín Mensual de Estadística

CUADRO 5
INDICE DE PRECIOS AL CONSUMO

1982	1983	1984	1985	1986	1987
88,3	99,1	110,3	120	130,5	137,4

Fuente: MAPA. Boletín Mensual de Estadística.

CUADRO 6
IMPUTS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL TRIGO

Semila	212 kg/ha
Abonado de fondo	400 kg/ha (8-24-8)
Abonado de cobertura	250 kg/ha (Nitrato 33,5 %)
Combustible	20 horas /ha
Tratamiento	200 pts (en 1982)

Fuente: (2)



CUADRO 7
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DE LA CEBADA

Semila	203 kg/ha
Abonado de fondo	300 kg/ha (8-24-8)
Abonado de cobertura	250 kg/ha (Nitrato 33,5 %)
Combustible *	20 horas /ha
Tratamiento**	200 pts (en 1982)

Fuente: (2)

CUADRO 8
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL MAIZ

Semila	21 kg/ha
Abonado de fondo	700 kg/ha (12-12-24)
Abonado de cobertura	400 kg/ha (33,5 %)
Combustible*	22,7 horas /ha
Tratamiento**	800 pts (en 1982)

Fuente: (1)

CUADRO 9
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DE LA ALFALFA

Semila	40 kg/ha
Abonado anual	800 kg/ha (0-14-7)
Combustible*	47,25 horas /ha
Tratamiento**(2)	1.000 pts (en 1982)

Fuente: (1)

CUADRO 10
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL MANZANO

Complejo (4-12-8)	1.300 kg/ha
Nitrosulfato amónico	500 kg/ha
Tratamientos ** (12)	500 litros/ha/tratamiento
Amortización explotación (20 años)	6.180 pts/ha (en 1982)
Combustible *	29 horas/ha

Fuente: (1)

CUADRO 11
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL PERAL

Complejo (4-12-8)	1.300 kg/ha
Nitrosulfato amónico	500 kg/ha
Tratamientos ** (12)	1.000 litros/ha/tratamiento
Amortización explotación (25 años)	7.880 pts/ha (en 1982)
Combustible *	24 horas/ha

Fuente: (1)

CUADRO 12
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL MELOCOTONERO

Complejo (4-12-8)	900 kg/ha
Nitrosulfato amónico	400 kg/ha
Tratamientos ** (7)	800 litros/ha/tratamiento
Aplicación de Quelatos de Fe	1.300 pts (en 1982)
Amortización explotación (13 años)	14.204 pts/ha (en 1982)
Combustible *	24 horas/ha

Fuente: (1)

CUADRO 13
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DE LA PATATA

Siembra	1.200 kg/ha
Estiércol	20.000 pts (en 1982)
Abonado de fondo	800 kg/ha (0-14-7)
Abonado de cobertura	700 kg/ha (Nitrato 26 %)
Tratamientos** (3)	1.500 pts (en 1982)
Combustible*	55 horas/ha

Fuente: (1)

CUADRO 14
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL TOMATE DE INDUSTRIA

Semillero	5.200 pts (en 1982)
Abonado de fondo	1.000 kg/ha (12-12-24)
Abonado de cobertura	400 kg/ha (Nitrato 26 %)
	150 kg/ha (Cik)
Tratamientos **	7.500 pts/ha (en 1982)
Combustible*	45 horas/ha

Fuente: (3)

CUADRO 15
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DE LA CEBOLLA

Semillero	6 kg/ha
Abonado de fondo	750 kg/ha (9-18-27)
Abonado de cobertura	500 kg/ha (Nitrato 26 %)
Tratamientos **	5.410 pts/ha (en 1982)
Combustible*	52 horas/ha

Fuente: (3)

CUADRO 16
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL LA ALCACHOFA

Estiercol	20.000 pts (en 1982)
Abono implantación	500 kg/ha (15-15-15) 250 kg/ha (Nitrato 33,5 %)
Siembra	12.000 Suecas/ha
Tratamientos**	4.000 pts/ha (en 1982)
Combustible*	59 horas/ha
Total Coste implantación	

Parte Proporcional del Coste de implantación (3 años) Coste Implantación

	3
Abonado de fondo	400 kg/ha (15-15-15)
Abonado de cobertura	400 kg/ha (Nitrato 33,5%)
Tratamiento**	2.000 pts/ha (en 1982)
Combustible*	88 horas/ha

Fuente: (1)

CUADRO 17
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL GUISANTE PARA INDUSTRIA

Semillero	150 kg/ha
Abonado de fondo	300 kg/ha (9-18-27)
Abonado de cobertura	100 kg/ha (Nitrato 26 %)
Herbicidas	3.420 pts/ha (en 1982)
Combustible*	23 horas/ha

Fuente: (3)

CUADRO 18
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DE LA JUDIA VERDE PARA INDUSTRIA

Semilla	150 kg/ha
Abonado de fondo	500 kg/ha (9-18-27)
Abonado de cobertura	250 kg/ha (Nitrato 26 %)
Herbicidas	3.420 pts/ha (en 1982)
Combustible*	25 horas/ha

Fuente: (3)

CUADRO 19
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DE LA COLIFLOR

Plantas	14.300 plantas/ha
Abonado de fondo	700 kg/ha (8-15-15)
Abonado de cobertura	700 kg/ha (Nitrato 26 %)
Tratamiento**	700 pts/ha (en 1982)
Combustible*	20 horas/ha

Fuente: (3)

CUADRO 20
IMPUS PARA EL CALCULO DE LOS GASTOS VARIABLES DEL PIMIENTO DE INDUSTRIA

Semillero	8.300 pts/en 1982)
Abonado de fondo	1.000 kg/ha (12-12-24)
Abonado de cobertura	400 kg/ha (Nitrato 26%)
	100 kg/ha (CIK)
Tratamiento**	1.300 pts/ha (en 1982)
Combustible*	40 horas/ha

Fuente: (1)

Notas:

* Combustible: Se considera una mamáquina de 52 68 CV que consume 10,82 l/hora. El precio de la gasolina es de 58 pts/l, con una disminución de 5 pts/l por subvención. Por lo tanto una hora de combustible cuesta: $10,82 \times 53 = 573,4$ pts (1986)

** Para algunos productos no ha sido posible conseguir la evolución de los precios anuales. En estos casos se ha utilizado los precios de 1982 corregidos con el índice de precios pagados por el agricultor con respecto a cada tipo de producto.

Fuente: (1) Albisu et al. 1988. Impacto económico de agua salina en la agricultura de la cuenca del Gállego.
(2) Cavero y Delgado, 1984. Secano y regadío en Aragón. una orientación cuantitativa.
(3) Montero y Fando 1981. Fichas de presupuesto de opciones alternativas en diferentes orientaciones productivas para explotaciones de regadío

ANEJO IV
MARGENES BRUTOS ANUALES DE LOS CULTIVOS

CUADRO 21
MARGENES BRUTOS DESDE 1982 A 1987 Y MARGEN BRUTO MEDIO PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS
O VARIABLES (en pts de 1987)

Variables	1982	1983	1984	1985	1986	1987	Media
Trigo X ₁	74 879	82 978	84 986	83 537	100 350	116 456	90 531
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁ X ₂	74 879	82 978	84 986	83 537	100 350	116 456	90 531
Trigo en suelo S ₃ X ₃	23 170	28 931	30 497	30 018	40 338	51 220	34 029
Cebada	46 030	56 825	66 654	53 840	51 691	54 483	54 921
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁ X ₅	46 030	56 826	66 654	53 840	51 691	54 483	54 921
Cebada en suelo S ₃	28 650	37 729	45 312	35 198	33 870	36 608	36 227
Maíz	175 760	195 231	173 137	178 986	183 583	145 792	175 415
Maíz en suelo S ₂	50 923	61 878	52 923	53 262	58 405	40 684	53 012
Alfalfa	167 928	155 658	185 426	135 448	168 920	168 022	163 567
Alfalfa en suelo S ₂	88 757	81 109	102 489	68 943	94 042	93 873	88 202
Coliflor	796 977	1 321 917	626 029	613 385	452 379	578 565	731 542
Guisante	85 808	91 484	109 574	83 247	91 401	137 428	99 840
Judía	243 450	195 823	108 736	100 107	54 041	64 208	127 727
Patata	209 068	406 630	370 962	115 712	194 593	253 078	258 340
Pimiento	413 994	226 238	334 749	387 006	551 772	547 095	410 142
Tomate	391 176	571 953	266 122	259 211	229 242	318 682	339 397
Cebolla	284 041	959 679	1 046 280	605 575	586 570	1 034 349	752 749
Alcachofa	144 579	561 020	477 100	576 717	177 456	595 113	421 997
Manzono	723 992	503 714	449 664	363 004	567 212	201 416	468 167
Peral	1 094 209	302 359	387 654	333 569	621 195	386 902	520 981
Melocotonero	1 650 093	536 894	703 789	286 361	772 133	399 225	724 749
Maíz en suelo 5n ₁	132 062	148 518	130 990	134 983	139 655	109 000	132 534
Alfalfa en suelo 5n ₁	143 563	132 675	159 818	114 984	145 759	145 207	140 334

CUADRO 22
MARGENES BRUTOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS O VARIABLES EN 1982

Actividad	Variable	Gastos variables	Rendimiento (kg/ha)	Precio (pts/kg)	Margen bruto (pts/ha)
Trigo	X ₁	33 931	4 042	20 30	48 121
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₂	33 931	4 042	20 30	48 121
Trigo en suelo S ₃	X ₃	33 931	2 405	20,30	14 890
Cebada	X ₄	29 208	3 563	16,50	29 581
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₅	29 208	3 563	16,50	29 581
Cebada en suelo S ₃	X ₆	29 208	2 886	16,50	18 412
Maíz	X ₇	47 499	7 904	20 30	112 952
Maíz en suelo S ₂	X ₈	47 499	3 952	20,30	32 726
Alfalfa	X ₉	48 631	15 500	10 10	107 919
Alfalfa en suelo S ₂	X ₁₀	48 631	10 462	10,10	57 040
Coliflor	X ₁₁	57 823	19 000	30,00	512 177
Guisante	X ₁₂	36 855	4 000	23,00	55 145
Judía	X ₁₃	51 547	6 500	32,00	156 453
Patata	X ₁₄	116 346	20 892	12 00	134 358
Pimiento	X ₁₅	39 947	17 000	18 00	266 053
Tomate	X ₁₆	69 486	37 750	8,50	251 389
Cebolla	X ₁₇	79 961	37 500	7,00	182 539
Alcachofa	X ₁₈	123 086	12 000	18,00	92 914
Manzono	X ₁₉	78 477	25 000	21 75	465 273
Peral	X ₂₀	86 682	22 250	35,50	703 193
Melocotonero	X ₂₁	62 675	22 250	50 65	1 064 287
Maíz en suelo 5 n ₁	X ₈ Navarra	47 499	6 521	20 30	84 873
Alfalfa en suelo 5n ₁	X ₁₀ Navarra	48.631	13 950	10,10	92.264

CUADRO 23
MARGENES BRUTOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS O VARIABLES EN 1983

Actividad	Variable	Gastos variables	Rendimiento (kg/ha)	Precio (pts/kg)	Margen bruto (pts/ha)
Trigo	X ₁	36 402	4 375	22,00	59,848
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₂	36 402	4 375	22,00	59 848
Trigo en suelo S ₃	X ₃	36 402	2 603	22,00	20.867
Cebada	X ₄	31 512	3 737	19,40	40 986
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₅	31 512	3 737	19,40	40 986
Cebada en suelo S ₃	X ₆	31 512	3 027	19,40	27 212
Maíz	X ₇	51 551	7 962	24,16	140.811
Maíz en suelo S ₂	X ₈	51 551	3 981	24 16	44 630
Alfalfa	X ₉	53 176	13 550	12 21	112.269
Alfalfa en suelo S ₂	X ₁₀	53 176	9 146	12 21	58 500
Coliflor	X ₁₁	63 379	38 499	26 42	953 764
Guisante	X ₁₂	40 867	5 000	21 37	65 983
Judía	X ₁₃	56 762	6 600	30,00	141 238
Patata	X ₁₄	12 815	20 963	30 04	293 283
Pimiento	X ₁₅	69 475	9 400	24 75	163 175
Tomate	X ₁₆	76 389	36 899	13 25	412 522
Cebolla	X ₁₇	89 257	38 249	20 43	692 170
Alcachofa	X ₁₈	134 711	11 649	46 30	404 637
Manzano	X ₁₉	87 598	17 504	25 76	363 306
Peral	X ₂₀	90 532	12 832	24,05	218 077
Melocotonero	X ₂₁	86 388	9 850	47,17	387 236
Maíz en suelo 5n ₁	X ₈ Navarra	51.551	6 569	24 16	107 156
Alfalfa en suelo 5n ₁	X ₁₀ Navarra	53.176	12.195	12,21	95 725

CUADRO 24
MARGENES BRUTOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS O VARIABLES EN 1984

Actividad	Variable	Gastos variables	Rendimiento (kg/ha)	Precio (pts/kg)	Margen bruto (pts/ha)
Trigo	X ₁	39 789	4 546	23,76	68 224
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₂	39 789	4 546	23,76	68 224
Trigo en suelo S ₃	X ₃	39 789	2 706	23,76	24 482
Cebada	X ₄	36 145	4 122	21,72	53 508
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₅	36 145	4 122	21,72	53 508
Cebada en suelo S ₃	X ₆	36 145	3 339	21 72	36 375
Maíz	X ₇	54 018	7 510	25,70	138 989
Maíz en suelo S ₂	X ₈	54 018	3 755	25 70	42 485
Alfalfa	X ₉	56 004	17 100	11,98	148 854
Alfalfa en suelo S ₂	X ₁₀	56 004	11 542	11 98	82 275
Coliflor	X ₁₁	75 380	20 250	28,54	502 555
Guisante	X ₁₂	55 317	5 600	25 60	88 043
Judía	X ₁₃	105 280	6 550	29 40	87 290
Patata	X ₁₄	149 120	20 681	21,61	297 796
Pimiento	X ₁₅	78 144	13 050	26,58	268 725
Tomate	X ₁₆	86 246	36 000	8,33	213 634
Cebolla	X ₁₇	101 152	38 100	24,70	839 918
Alcachofa	X ₁₈	151 417	11 099	48 15	383 000
Manzano	X ₁₉	99 951	20 049	22,99	360 975
Peral	X ₂₀	102 340	13 149	31,45	311 196
Melocotonero	X ₂₁	93 289	11 850	55,55	564 978
Maíz en suelo 5n ₁	X ₈ Navarra	54 018	6 196	25,70	105 213
Alfalfa en suelo 5n ₁	X ₁₀ Navarra	56 018	15 390	11,98	128 368

CUADRO 25
MARGENES BRUTOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS O VARIABLES EN 1985

Actividad	Variable	Gastos variables	Rendimiento (kg/ha)	Precio (pts/kg)	Margen bruto (pts/ha)
Trigo	X ₁	42 451	4 432	26 04	72 958
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₂	42 451	4 432	26 04	72 958
Trigo en suelo S ₃	X ₃	42 451	2 637	26 04	26 217
Cebada	X ₄	38 668	3 895	22,00	47 022
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₅	38 668	3 895	22,00	47 022
Cebada en suelo S ₃	X ₆	38 668	3 155	22,00	30 741
Maíz	X ₇	63 285	8 331	26,36	156 320
Maíz en suelo S ₂	X ₈	63 285	4 165	26,36	46 517
Alfalfa	X ₉	60 422	14 028	12 74	118 295
Alfalfa en suelo S ₂	X ₁₀	60 422	9 469	12,74	60 212
Coliflor	X ₁₁	75 300	16 608	36 79	535 708
Guisante	X ₁₂	59 186	5 122	25,75	72 705
Judía	X ₁₃	112 137	6 765	29 50	87 430
Patata	X ₁₄	199 537	21 413	12,17	101 059
Pimiento	X ₁₅	83 879	18 544	22 75	337 997
Tomate	X ₁₆	92 993	48 760	6 55	226 385
Cebolla	X ₁₇	108 220	49 774	12,80	528 887
Alcachofa	X ₁₈	164 915	11 935	56 02	503 683
Manzano	X ₁₉	108 280	17 751	23,96	317 034
Peral	X ₂₀	112 280	18 258	22 10	291 327
Melocotonero	X ₂₁	100 202	6 450	54 31	250 097
Maíz en suelo 5n ₁	X ₈ Navarra	63 285	6 873	26 36	117 889
Alfalfa en suelo 5n ₁	X ₁₀ Navarra	60 422	12 652	12,74	100 423

CUADRO 26
MARGENES BRUTOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS O VARIABLES EN 1986

Actividad	Variable	Gastos variables	Rendimiento (kg/ha)	Precio (pts/kg)	Margen bruto (pts/ha)
Trigo	X ₁	45 456	4 806	29 90	95 311
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₂	45 456	4 806	29,29	95 311
Trigo en suelo S ₃	X ₃	45 456	2 860	29,29	38 313
Cebada	X ₄	40 000	3 641	24,47	49 095
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₅	40 000	3 641	24,47	49 095
Cebada en suelo S ₃	X ₆	40 000	2 950	24,47	32 169
Maíz	X ₇	63 421	8 066	29,48	174 364
Maíz en suelo S ₂	X ₈	63 421	4 033	29,48	55 472
Alfalfa	X ₉	58 384	12 700	17 23	160 437
Alfalfa en suelo S ₂	X ₁₀	58 384	8 527	17 23	89 320
Coliflor	X ₁₁	79 144	13 800	36 87	429 662
Guisante	X ₁₂	61 014	4 500	32,85	86 811
Judía	X ₁₃	120 633	6 000	28 66	51 327
Patata	X ₁₄	164 617	15 088	23 16	184 821
Pimiento	X ₁₅	83 817	18 200	33 40	524 063
Tomate	X ₁₆	95 350	38 000	9 66	217 730
Cebolla	X ₁₇	110 529	48 275	13 83	557 114
Alcachofa	X ₁₈	170 035	9 500	35,64	168 545
Manzano	X ₁₉	110 472	15 000	43 28	538 728
Peral	X ₂₀	114 762	13 230	53 27	590 000
Melocotonero	X ₂₁	102 802	13 000	64,32	733 358
Maíz en suelo 5n ₁	X ₈ Navarra	63 421	6 654	29,48	132 752
Alfalfa en suelo 5n ₁	X ₁₀ Navarra	58 384	11.430	17,231	38 555

CUADRO 27
MARGENES BRUTOS PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS O VARIABLES EN 1987

Actividad	Variable	Gastos variables	Rendimiento (kg/ha)	Precio (pts/kg)	Margen bruto (pts/ha)
Trigo	X ₁	44 656	5 663	28,45	116 456
Trigo en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₂	44 656	5 663	28,45	116 456
Trigo en suelo S ₃	X ₃	44 656	3 370	28 45	51 220
Cebada	X ₄	39 595	4 110	22,89	54 483
Cebada en suelo S ₂ o 5n ₁	X ₅	39 595	4.110	22 89	54.483
Cebada en suelo S ₃	X ₆	39 595	3 329	22,89	36 608
Maíz	X ₇	64 423	7 540	27 88	145 792
Maíz en suelo S ₂	X ₈	64 423	3 770	27 88	40 685
Alfalfa	X ₉	60 128	15 000	15,21	168 022
Alfalfa en suelo S ₂	X ₁₀	60 128	10 125	15 21	93 873
Coliflor	X ₁₁	79 675	16 000	41 14	578 565
Guisante	X ₁₂	63 137	4 500	44 57	137 428
Judía	X ₁₃	152 792	7 000	31 00	64 208
Patata	X ₁₄	134 354	18 353	21 11	253 078
Pimiento	X ₁₅	86 355	12 300	51,50	547 095
Tomate	X ₁₆	94 518	40 000	10,33	318 682
Cebolla	X ₁₇	110 781	49 000	23 37	1 034 349
Alcachofa	X ₁₈	165 387	12 500	60,84	595 113
Manzano	X ₁₉	110.144	11.060	28 17	201 416
Peral	X ₂₀	114 012	12 570	39 85	386 902
Melocotonero	X ₂₁	102 287	10 446	48,01	399 225
Maíz en suelo 5n ₁	X ₈ Navarra	64 423	6 220	27,88	109 000
Alfalfa en suelo 5n ₁	X ₁₀ Navarra	60.128	13 500	15,21	145 207

CUADRO 28
MARGENES BRUTOS PARA EL ANALISIS DE LOS PRECIOS DE LOS DIFERENTES
CULTIVOS O VARIABLES

		Rendimiento medio	Precio medio (1987)	Gastos variables medios	Margen bruto precios aumento 10%	Margen bruto precios dismi- nución 10%
Trigo	X ₁	4 644	30,13	48 992	104 924	78 211
Cebada	X ₄	3 845	25 57	43 342	64 806	46 036
Maíz	X ₇	7 885	31,03	69 389	199 750	153 039
Alfalfa	X ₉	14 646	15,91	68 324	187 995	143 510
Coliflor	X ₁₁	20 693	40,16	86 828	827 304	668 654
Guisante	X ₁₂	4 787	34,32	63,010	117 618	86 344
Judía verde	X ₁₃	6 569	37,16	112 565	155 950	109 347
Patata	X ₁₄	19 565	22,13	172 161	304 109	221 451
Pimiento	X ₁₅	14 749	34,69	87 745	475 062	377 385
Tomate	X ₁₆	39 568	11,66	103 809	403 690	315 612
Cebolla	X ₁₇	43 483	20,42	120 874	855 841	686 328
Alcachofa	X ₁₈	11 447	62,44	182 748	477 560	362 962
Manzano	X ₁₉	17 727	33,22	119 752	528 028	415 603
Peral	X ₂₀	14 381	41,50	125 194	576 194	455 089
Melocotón	X ₂₁	12 307	65,22	109 794	773 135	619 899

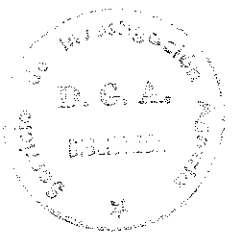
ANEJO V
NECESIDADES MENSUALES DE AGUA DE LOS
CULTIVOS

CUADRO 30
DESVIACIONES MENSUALES, RESPECTO A LA MEDIA, DE LA MANO DE OBRA, POR CULTIVOS

Mes	Trigo	Cebada	Maiz	Coliflor	Guisante	Judía Verde	Patata	Pimiento	Tomate	Cebolla	Alcachofa	Pera	Manzano	Melocoton	Alfalfa
Enero	-2,02	-2,02	-5,2	-40,96	-5,07	-3,42	-28,58	-40,08	-66,37	-82,46	-78,58	12,50	-3,03	17,88	-9,19
Febrero	-2,02	-2,02	-0,2	-40,96	-5,07	-3,42	76,41	-25,09	-54,37	-81,71	-23,58	-45,66	-35,03	-46,62	-5,69
Marzo	0,49	0,49	-5,2	-40,96	-5,07	7,59	-28,58	-33,08	-60,37	-45,71	-7,58	-47,66	-29,03	-42,62	-9,19
Abril	-0,03	-0,03	3,8	-40,96	0,93	2,59	27,41	8,08	-37,36	-48,96	105,40	-39,36	-35,53	-45,12	-2,69
Mayo	-0,03	-0,03	1,6	-40,96	1,53	0,59	-2,58	52,40	-11,86	348,04	91,40	-47,56	-32,03	103,38	11,56
Junio	-0,76	-0,76	20,3	-40,96	22,93	16,59	59,41	-23,58	-49,87	-68,45	-81,58	-41,66	-23,53	-35,62	11,56
Julio	-0,03	-0,03	-0,7	42,54	-5,07	-3,42	39,41	-24,08	-50,37	-68,45	-81,58	-20,66	-33,03	-35,62	11,56
Agosto	-2,02	-2,02	-2,2	23,54	-5,07	-3,42	-28,58	-24,08	-50,37	-76,46	-27,58	-29,56	-35,03	193,38	11,56
Septiembre	2,99	2,99	-3,7	-33,45	-1,08	-3,42	-28,58	17,90	329,54	329,54	-65,58	354,64	125,98	-44,12	8,09
Octubre	5,49	5,49	-3,1	191,04	11,18	-3,42	-28,58	187,92	184,14	-82,46	164,42	-55,66	142,94	-45,12	-9,19
Noviembre	-0,03	-0,03	-0,2	63,05	-5,07	-3,42	-28,58	-40,08	-66,37	-82,46	86,42	-47,56	-36,53	-38,62	-9,19
Diciembre	-2,02	-2,02	-5,2	-40,96	-5,07	-3,42	-28,58	-40,08	-66,37	-40,46	-81,58	8,34	-6,03	18,86	-9,19
Total mano de obra	24,25	24,25	62,2	491,5	60,85	41,00	343,00	481,00	796,4	989,5	979,00	668,00	456,5	755,5	110,25
Media mensual	2,02	2,02	5,2	40,96	5,07	3,41	28,58	40,08	66,37	82,46	81,58	55,5	38,04	48,12	9,19

Fuente: Elaboración propia.

ANEJO VI
PLANTEAMIENTO DE LA ESTACIONALIDAD



CUADRO 29
NECESIDADES DE AGUA DE CULTIVOS (m³/ha)

Mes	Trigo	Cebada	Maiz	Coliflor	Guisante	Judía Verde	Patata	Pimiento	Tomate	Cebolla	Alcachofa	Alfalfa	Melocotón	Peral	Manzano
Enero															
Febrero	284	284		335	335	335		335	335	335	335	863	398	389	389
Marzo	1.370	1.370		897	897	897	431	897	897	897	897	1.485	897	851	851
Abril	1.863	1.863	431	1.848	1.848	1.848	852	1.848	1.848	1.848	1.848	1.742	1.419	1.578	1.578
Mayo	1.222	1.222	852	2.776	2.776	2.776	2.521	2.776	2.776	2.776	2.776	2.264	2.264	2.402	2.402
Junio			2.647	2.340	2.340	2.340	2.340	2.340	2.340	2.340	2.340	1.925	1.925	2.158	2.158
Julio			2.340	1.132	1.132	1.132	621	1.132	1.132	1.132	1.132	1.062	992	1.034	1.034
Agosto			1.272	416	416	416		416	416	416	416	526	305	377	377
Septiembre															
Octubre															
Noviembre															
Diciembre															
Total	4.739	4.739	7.958	9.764	9.764	9.764	6.765	9.764	9.764	9.764	9.764	10.967	8.200	8.789	8.789

Fuente: DGA, 1986a. Estudio del inventario, delimitación, clasificación y demanda hídrica de los riegos en Aragón. Tomo II.

CUADRO 30
DESVIACIONES MENSUALES, RESPECTO A LA MEDIA, DE LA MANO DE OBRA, POR CULTIVOS

Mes	Trigo	Cebada	Maiz	Coliflor	Guisante	Judía Verde	Patata	Pimiento	Tomate	Cebolla	Alcachofa	Peral	Manzano	Melocotón	Alfalfa
Enero	-2,02	-2,02	-5,2	-40,96	-5,07	-3,42	-28,58	-40,08	-66,37	-82,46	-78,58	12,50	-3,03	17,88	-9,19
Febrero	-2,02	-2,02	-0,2	-40,96	-5,07	-3,42	76,41	-25,09	-54,37	-81,71	-23,58	-45,66	-35,03	-46,62	-5,69
Marzo	0,49	0,49	-5,2	-40,96	-5,07	7,59	-28,58	-33,08	-60,37	-45,71	-7,58	-47,66	-29,03	-42,62	-9,19
Abril	-0,03	-0,03	3,8	-40,96	0,93	2,59	27,41	-8,08	-37,36	-48,96	105,40	-39,36	-35,53	-45,12	-2,69
Mayo	-0,03	-0,03	1,6	-40,96	1,53	0,59	-2,58	52,40	-11,86	348,04	91,40	-47,56	-32,03	103,38	11,56
Junio	-0,76	-0,76	20,3	-40,96	22,93	16,59	59,41	-23,58	-49,87	-68,45	-81,58	-41,66	-23,53	-35,62	11,56
Julio	-0,03	-0,03	-0,7	42,54	-5,07	-3,42	39,41	-24,08	-50,37	-76,46	-27,58	-20,66	-33,03	-35,62	11,56
Agosto	-2,02	-2,02	-2,2	23,54	-5,07	-3,42	-28,58	-24,08	-50,37	-76,46	-27,58	-29,56	-35,03	193,38	11,56
Septiembre	2,99	2,99	-3,7	-33,45	-1,08	-3,42	-28,58	17,90	329,54	329,54	-65,58	354,64	125,98	-44,12	8,09
Octubre	5,49	5,49	-3,1	191,04	11,18	-3,42	-28,58	187,92	184,14	-82,46	164,42	-55,66	142,94	-45,12	-9,19
Noviembre	-0,03	-0,03	-0,2	63,05	-5,07	-3,42	-28,58	-40,08	-66,37	-82,46	86,42	-47,56	-36,53	-38,62	-9,19
Diciembre	-2,02	-2,02	-5,2	-40,96	-5,07	-3,42	-28,58	-40,08	-66,37	-40,46	-81,58	8,34	-6,03	18,86	-9,19
Total mano de obra	24,25	24,25	62,2	491,5	60,85	41,00	343,00	481,00	796,4	989,5	979,00	668,00	456,5	755,5	110,25
Media mensual	2,02	2,02	5,2	40,96	5,07	3,41	28,58	40,08	66,37	82,46	81,58	55,5	38,04	48,12	9,19

Fuente: Elaboración propia.

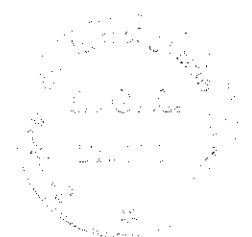
ANEJO VII OCUPACION DE LA SUPERFICIE DE REGADIO EN BARDENASI

CUADRO 31
DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE REGADA, EN LAS ZONAS DE NAVARRA Y
ZARAGOZA, POR EL CANAL DE BARDENAS, SEGUN LOS PRINCIPALES
CULTIVOS.

	1984		1985		1986	
	ha	%	ha	%	ha	%
Trigo	5.172	11,05	3.572	7,63	4.222	8,92
Cebada	10.634	22,73	9.819	20,98	8.310,5	15,53
Maíz	20.274	43,33	24.514	52,38	25.487	53,76
Total cereales	36.184	77,34	38.349	81,95	39.106,5	82,49
Alfalfa	3.894	8,32	3.238	6,91	3.361	-
Total cultivos forraj.	4.553	9,73	4.013	8,57	4.118	8,70
Coliflor	4,5	-	33	-	30	-
Guisante	296	0,63	101	-	54,5	-
Judía verde	38,5	-	36,5	-	24	-
Patata	228	0,49	222,5	0,47	170	0,36
Pimiento	777	1,66	907	1,94	957	2,02
Tomate	693	1,48	528	1,13	535	1,13
Cebolla	106,5	-	133,5	-	136	-
Alcachofa	21	-	16,5	-	12,5	-
Total hortalizas	2.623	5,60	2.388	5,30	2.484	5,24
Manzano	170	-	162	-	158	-
Peral	60,5	-	53,5	-	51,5	-
Melocotón	99	-	71,5	-	70,5	-
Total frutales	718	1,534	487	-	477,5	-
Cultivos industriales	2.503	-	1.352	-	1.068	-
Legumin. a grano	205	-	203	-	151	-
Total	46.806	100,00	46.816	100,00	47.405	100,00

Fuente: MAPA, 1984, 1985 y 1986. Superficies ocupadas por los cultivos agrícolas (1-T) (Elaboración propia).

ANEJO VIII
SOLUCION Y RESULTADOS



CUADRO 32
RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS LINEALES, EN LA ZONA DE NAVARRA,
DE BARDENAS I

Ideales	Margen Bruto (MB)	Mano de Obra (MO)	Estacionalidad (EST)	Riesgo (PAD)
Variables	198.425	137,22	46.058	0,000
	Superficie (%)	Superficie (%)	Superficie (%)	Superficie (%)
X ₁	5,03	1,39	1,05	5,03
X ₂	-	2,19	3,97	-
X ₄	16,13	21,55	23,3	16,13
X ₅	3,97	-	-	3,97
X ₇	56,56	54,77	56,56	56,56
X ₈	-	1,78	-	-
X ₉	7,2	7,2	4,01	7,2
X ₁₀	-	-	-	-
X ₁₁	-	-	2,39	-
X ₁₂	-	-	-	-
X ₁₃	-	-	2,95	-
X ₁₄	0,8	0,8	0,92	0,8
X ₁₅	1,11	1,11	1,11	1,11
X ₁₆	0,75	0,75	0,75	0,82
X ₁₇	5,47	5,47	-	2,04
X ₁₈	-	-	-	3,35
X ₁₉	-	-	-	-
X ₂₀	-	2,96	0,181	2,96
X ₂₁	2,96	-	2,77	-
MB	-	191.112	175.000	181.002
MO	134,538	-	91,2	136,727
EST	99,78	114,088	-	84,3
PAD	0,182	0,000	51,483	-

t = 175

CUADRO 33
CALCULO DE LOS PESOS RELATIVOS, EN LA ZONA DE NAVARRA, DE BARDENAS I

	$(\sum C_{ij}^2)^{-1/2}$	a_i	n_i	$1/n_i$
Margen Bruto	5,98710 ⁻⁴	7,0679310 ⁻⁵	1,33410 ⁻⁴	7.490,6
Mano de Obra	4,88510 ⁻⁴	1,638310 ⁻⁴	3,09410 ⁻⁴	3.231,6
Riesgo	0,4082	0,4082	0,771	1,296
Estacionalidad	0,204	0,121	0,228	4,375

$\sum a_i = 0,5294$

CUADRO 34
ESTACIONALIDAD DEL EMPLEO, EN LA ZONA DE NAVARRA, DE BARDENAS I

Mes	Media mensual horas/ha	S_m^+ (horas /ha)	S_m^+ Total (UTH)	$\frac{100 S_m^+}{MO}$	S_m^- (horas /ha)	S_m^- Total (UTH)	$\frac{100 S_m^-}{MO}$
Enero	9,93	-	-	-	7,95	35,0	-80
Febrero	9,93	-	-	-	4,93	21,7	-49,5
Marzo	9,93	-	-	-	7,89	33,8	-77
Abril	9,93	0	0	0	0	0	0
Mayo	9,93	7,87	34,5	+79,25	-	-	-
Junio	9,93	7,82	34,4	+78,75	-	-	-
Julio	9,93	-	-	-	1,27	5,6	-12,7
Agosto	9,93	2,11	9,27	+21,24	-	-	-
Sept.	9,93	4,52	19,9	+45,51	-	-	-
Octubre	9,93	8,01	35,2	+80,66	-	-	-
Nov.	9,93	-	-	-	0,96	4,22	-9,66
Dic.	9,93	-	-	-	7,52	33,1	-75,8

CUADRO 35
RESTRICCIONES DE SUPERFICIE PARA LA SITUACIÓN FUTURA DEL 1º Y 3º AÑO

Cultivo	Mín (%)	Máx (%)
Maíz	35,7	44,9
Trigo	6,3	9,1
Alfalfa	7,1	8,02
Cebada (en suelo salino)	21,0	-
Patata	0,3	0,4
Tomate	0,94	1,22
Pimiento	1,37	1,68
Total hortalizas	4,21	4,62
Frutales	0,99	0,99

CUADRO 36
SOLUCIONES DE LOS PROGRAMAS LINEALES PARA BARDENAS I DEL 1º AL 3º AÑO

Ideales	Margen Bruto (MB)	Mano de Obra (MO)	Estacionalidad (EST)	Riesgo (PAD)
Variables	149,785	88,433	41,470	0,143
X ₁	9,1	6,96	9,10	8,47
X ₂	-	-	-	-
X ₃	-	-	-	-
X ₄	11,37	13,5	15,68	12,00
X ₅	21,00	21,00	21,00	21,00
X ₇	44,9	44,9	41,31	44,90
X ₉	8,02	8,02	7,10	8,02
X ₁₁	-	-	1,03	0,39
X ₁₂	-	-	-	-
X ₁₃	-	-	0,69	-
X ₁₄	0,30	0,30	0,40	0,30
X ₁₅	1,37	1,37	1,37	1,37
X ₁₆	0,94	0,94	1,13	0,94
X ₁₇	2,01	2,01	-	1,62
X ₁₈	-	-	-	-
X ₁₉	-	-	-	0,662
X ₂₀	-	0,99	-	0,328
X ₂₁	0,99	-	0,99	-
MB	-	147,007	141,000	147,110
MO	87,537	-	73,811	85,075
EST	59,144	63,719	-	50,220
PAD	0,649	0,816	23,594	-

CUADRO 37
PESOS RELATIVOS DE LOS OBJETIVOS PARA BARDENAS I DEL 1º AL 3º AÑO

	$(\sum C_{ij}^2)^{-1/2}$	a_i	n_i	$1/n_i$
Margen Bruto	6,03710 ⁻⁴	3,94310 ⁻⁵	8,26510 ⁻⁵	12.098,9
Mano de Obra	4,8948610 ⁻⁴	8,093610 ⁻⁵	1,69610 ⁻⁴	5.894,3
Riesgo	0,4082	0,40572	0,8504	1,175
Estacionalidad	0,204	0,0712	0,149	6,70

$\sum a_i = 0,477$

CUADRO 38
SOLUCION DEL METODO STEM PARA BARDENAS I DEL 1º AL 3º AÑO

	MB	MO	PAD	EST
	149.640	84,108	2,166	53,006
	Superficie (%)		Superficie (ha)	
X ₁	9,10		5 165	
X ₂	-		-	
X ₃	-		-	
X ₄	11,37		6 453,5	
X ₅	21		11 919,5	
X ₇	44,90		25 485	
X ₉	8,02		4 552	
X ₁₁	0,6805		386	
X ₁₂	-		-	
X ₁₃	-		-	
X ₁₄	0,30		170	
X ₁₅	1,37		778	
X ₁₆	0,94		535	
X ₁₇	1,33		755	
X ₁₈	-		-	
X ₁₉	-		-	
X ₂₀	-		-	
X ₂₁	0,99		562	
Ideales	149 785	88,433	0,143	41,470
Anti-ideales	141.000	73,811	23,594	63,719

t = 141.000

CUADRO 39
ESTACIONALIDAD DEL EMPLEO, EN LA ZONA DE NAVARRA, DE BARDENAS I

Mes	Media mensual horas/ha	S _m ⁺ (horas /ha)	S _m ⁺ Total (UTH)	100 S _m ⁺ /MO	S _m ⁻ (horas /ha)	S _m ⁻ Total (UTH)	100 S _m ⁻ /MO
Enero	7,01	-	-	-	6,37	188,31	-90,87
Febrero	7,01	-	-	-	3,83	113,22	-54,63
Marzo	7,01	-	-	-	5,28	156,09	-75,32
Abril	7,01	-	-	-	0,27	7,98	-3,85
Mayo	7,01	7,6	224,67	+ 108,4	-	-	-
Junio	7,01	7,6	224,67	+ 108,4	-	-	-
Julio	7,01	-	-	-	1,06	31,33	-15,12
Agosto	7,01	-	-	-	0,72	21,28	-10,27
Sept.	7,01	7,20	212,85	+ 102,7	-	-	-
Octubre	7,01	4,12	121,79	+ 58,77	-	-	-
Nov.	7,01	-	-	-	3,15	93,12	-44,93
Dic.	7,91	-	-	-	5,8	171,46	-82,73

CUADRO 40
RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS LINEALES PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO

Ideales	Margen Bruto (MB)	Mano de Obra (MO)	Estacionalidad (EST)	Riesgo (PAD)
Variables	169,236	101,821	45,916	0,047
X ₁	11,05	7,63	11,05	11,05
X ₄	18,57	21,99	22,58	18,57
X ₇	53,86	53,86	51,00	53,86
X ₉	9,73	9,73	8,57	9,73
X ₁₁	-	-	1,42	0,41
X ₁₂	-	-	-	-
X ₁₃	-	-	0,89	-
X ₁₄	0,36	0,36	0,49	0,36
X ₁₅	1,66	1,66	1,66	1,66
X ₁₆	1,13	1,13	1,13	1,13
X ₁₇	2,45	2,45	-	2,04
X ₁₈	-	-	-	-
X ₁₉	-	-	-	1,07
X ₂₀	-	1,19	-	0,12
X ₂₁	1,19	-	1,19	-
MB	-	165 593	158 000	166 161
MO	100,74	-	82,24	95 525
EST	68,40	73,907	-	70,29
PAD	0,95	1,47	33,977	-

CUADRO 41
PESOS RELATIVOS DE LOS OBJETIVOS PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO

	(Σ C _{2ij}) ^{-1/2}	α _i	n _i	1/n _i
Margen Bruto	6,0402310 ⁻⁴	4,0102510 ⁻⁵	8,26710 ⁻⁵	12 095,79
Mano de Obra	4,895210 ⁻⁴	9,413510 ⁻⁵	1,940610 ⁻⁴	5 152,9
Riesgo	0,408	0,4076	0,84	1,19
Estacionalidad	0,204	0,0772	0,159	6,283

Σ α_i = 0,4850

CUADRO 42
SOLUCION DEL METODO STEM PARA BARDENAS I
DEL 4º AL 15º AÑO

	MB/ha	MO/ha	PAD/ha	EST/ha
	168.992	95,01	2,34	58,024
	Superficie (%)		Superficie (ha)	
X ₁		11,05		6.272
X ₄		18,57		10.540
X ₇		53,86		30.571
X ₉		9,73		5.222,5
X ₁₁		1,15		652,5
X ₁₂		-		-
X ₁₃		-		-
X ₁₄		0,36		204
X ₁₅		1,66		942
X ₁₆		1,13		641
X ₁₇		1,3		738
X ₁₈		-		-
X ₁₉		-		-
X ₂₀		-		-
X ₂₁		1,19		675
Ideales	169.236	101,821	0,047	45,916
Anti-ideales	158.000	82,24	33,977	73,907

CUADRO 43
ESTACIONALIDAD DEL EMPLEO PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO

Mes	Media mensual horas/ha	S _m ⁺ (horas /ha)	S _m ⁺ Total (UTH)	100 S _m ⁺	S _m ⁻ (horas /ha)	S _m ⁻ Total (UTH)	100 S _m ⁻
				MO			MO
Enero	7,91	-	-	-	7,15	214,7	-90,4
Febrero	7,91	-	-	-	4,10	123,2	-51,8
Marzo	7,91	-	-	-	6,45	193,7	-81,5
Abril	7,91	-	-	-	0,32	9,6	-4,04
Mayo	7,91	7,98	239,7	+ 100,9	-	-	-
Junio	7,91	9,30	279,3	+ 117,5	-	-	-
Julio	7,91	-	-	-	0,91	27,3	-11,5
Agosto	7,91	-	-	-	0,15	4,5	-1,89
Sept.	7,91	6,96	209	+ 87,9	-	-	-
Octubre	7,91	4,75	142,7	+ 60,05	-	-	-
Nov.	7,91	-	-	-	3,33	100,0	-42,1
Dic.	7,91	-	-	-	6,58	197,6	-83,2

CUADRO 44
SOLUCION DEL METODO STEM PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO CON
UNA DISMINUCION DE PRECIOS DEL 10% (SEGUNDA SOLUCION OPTIMA)

	MB/ha	MO/ha	PAD/ha	EST/ha
	147.598	94,443		58,024
	Superficie (%)		Superficie (ha)	
X ₁		11,05		6.272
X ₄		18,57		10.540
X ₇		53,86		30.571
X ₉		9,73		5.523
X ₁₁		1,33		755
X ₁₂		-		-
X ₁₃		-		-
X ₁₄		0,36		204,5
X ₁₅		1,66		942
X ₁₆		1,13		641,5
X ₁₇		1,12		636
X ₁₈		-		-
X ₁₉		-		-
X ₂₀		0,345		196
X ₂₁		0,845		480
Ideales	148.401	101,821		42,790
Anti-ideales	120.596	72,821		73,907



CUADRO 45
SOLUCION DEL METODO STEM PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO CON AUMENTO DE PRECIOS DEL 10% (SEGUNDA SOLUCION OPTIMA)

	MB	MO	EST/ha
	191.828	94,183	58,024
	Superficie (%)		Superficie (ha)
X ₁	11,05		6.272
X ₄	18,57		10.540
X ₇	53,86		30.571
X ₉	9,73		5.523
X ₁₁	1,41		800,5
X ₁₂	-		-
X ₁₃	-		-
X ₁₄	0,36		204,5
X ₁₅	1,66		942
X ₁₆	1,13		641,5
X ₁₇	1,04		590,5
X ₁₈	-		-
X ₁₉	-		-
X ₂₀	0,503		285,5
X ₂₁	0,687		390
Ideales	193.216	101,821	42,790
Anti-ideales	160.720	82,24	73,907

CUADRO 46
PESOS RELATIVOS DE LOS OBJETIVOS PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE SUPERFICIE PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO

	$(\sum C_{ij}^2)^{-1/2}$	α_i	n_i	$1/n_i$
Margen Bruto	6,0402310 ⁻⁴	4,786510 ⁻⁵	9.834810 ⁻⁵	10.167,97
Mano de Obra	4,895210 ⁻⁴	1,3008510 ⁻⁴	2.6728510 ⁻⁴	3.741,3
Riesgo	0,408	0,408	0,8383	1,192
Estacionalidad	0,204	0,07851	0,1613	6,199

$\sum \alpha_i = 0,48669$

CUADRO 47
SOLUCION DEL METODO STEM PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE SUPERFICIE PARA BARDENAS 4º AL 15º AÑO

	MB/ha	MO/ha	PAD/ha	EST/ha
	187.557	132,861	20	70
	Superficie (%)		Superficie (ha)	
X ₁	11,05			6.272
X ₄	14,56			8.264
X ₇	43,33			24.594
X ₉	19,86			11.272,5
X ₁₁	2			1.135
X ₁₂	-			-
X ₁₃	-			-
X ₁₄	0,84			477
X ₁₅	2			1.135
X ₁₆	1,16			658,5
X ₁₇	2			1.135
X ₁₈	2			1.135
X ₁₉	-			-
X ₂₀	-			-
X ₂₁	1,19			675
Ideales	193.216	101,821	0	52,657
Anti-ideales	160.720	82,24	35,931	85,602

CUADRO 48
ESTACIONALIDAD DEL EMPLEO PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE SUPERFICIE PARA BARDENAS I DEL 4º AL 15º AÑO

Mes	Media mensual horas/ha	S _m ⁺ (horas /ha)	S _m ⁺ Total (UTH)	100 S _m ⁺	S _m ⁻ (horas /ha)	S _m ⁻ Total (UTH)	100 S _m ⁻
				MO			MO
Enero	11,07	-	-	-	10,24	302,72	-92,5
Febrero	11,07	-	-	-	5,70	168,5	-51,5
Marzo	11,07	-	-	-	7,94	234,72	-71,7
Abril	11,07	-	-	-	1,32	39,02	-11,9
Mayo	11,07	13,07	386,38	+ 118,07	-	-	-
Junio	11,07	6,11	180,63	+ 55,2	-	-	-
Julio	11,07	-	-	-	-	-	-
Agosto	11,07	0,21	6,21	+ 1,9	-	-	-
Sept	11,07	8,78	259,56	+ 79,3	-	-	-
Octubre	11,07	8,81	260,44	+ 79,6	-	-	-
Nov.	11,07	-	-	-	2,85	84,25	-25,7
Dic.	11,07	-	-	-	9,44	279,07	-85,27

