

ESTUDIOS

Evaluación de la política de precios del agua de riego. Evidencias empíricas en Navarra (*)

JOAQUÍN OLONA BLASCO (**)

MIGUEL ÁNGEL HORTA SICILIA (***)

1. INTRODUCCIÓN

La cantidad de agua utilizada en el mundo, con el crecimiento demográfico y de las necesidades asociadas, aumenta sin cesar, empeorándose además la calidad de los ecosistemas relacionados. Esto ha motivado una creciente preocupación hasta el punto de que la mejora de la gestión del agua es una prioridad general y global. Al concentrar el 70 por ciento del agua utilizada en el mundo (UNESCO, 2003), el regadío desempeña un papel particularmente destacado en la gestión del agua.

La Conferencia de Dublín sobre Agua y Medio Ambiente (1992) estableció que el agua es un bien económico sugiriendo que la recuperación de costes podría ser un potente instrumento de gestión. La Conferencia de Río (1992) puntualizó que el agua, además de ser un bien económico, también lo es social. En el Segundo Foro Mundial del Agua de La Haya (2000) se consideró que la Recuperación de Costes (Completa) debía ser uno de los siete retos a afrontar en relación con la crisis del agua. La Conferencia Internacional de Bonn (2001) matizó lo anterior, señalando que los precios del agua podrían contribuir a la mejora de la gestión del agua. La UNESCO (2003) da por aprendida la lección de que *el agua no es sólo un bien*

(*) Los autores agradecen expresamente las observaciones realizadas a la versión inicial por los evaluadores.

(**) Director General de Investigaciones y Asistencia Técnica. QUASAR, S.A.

(***) Director Gerente de RIEGOS DE NAVARRA, SA.

- Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 227, 2010 (11-47).

Recibido junio 2009. Revisión final aceptada abril 2010.

económico y que es necesario conjugar eficiencia y equidad. También da por aprendida la lección relativa a que valor, precio y coste de suministro del agua son conceptos distintos.

La Directiva Marco del Agua (DMA) (1), que persigue como objetivo central la mejora de la calidad ecológica del agua, concede relevancia al análisis económico y contempla los precios como posible instrumento de gestión, siempre y cuando resulten de utilidad para el logro del objetivo señalado. *El principio de recuperación de costes* introducido por el artículo 9 de la DMA ha quedado incorporado a la legislación nacional en el artículo 111 bis del Texto Refundido de la Ley de Aguas. De acuerdo con su literalidad (2), el referido artículo 9 de la DMA, en ningún caso obliga a que la recuperación de costes sea total, como en ocasiones se afirma. La propia DMA establece expresamente la posibilidad de limitar esta recuperación por condiciones climáticas y geográficas especiales.

También existen argumentos jurídicos que cuestionan la recuperación total de costes del agua de riego. Siguiendo a Moreu Ballonga (2008), el ordenamiento jurídico español en materia de aguas, basa sus fundamentos en el *Principio de Gratuidad del recurso*. El hecho imponible está limitado a la aplicación de cánones y tarifas para la recuperación de los costes asociados a las infraestructuras hidráulicas, sin que ello contradiga el citado principio. El mismo autor señala que no existe base jurídica sobre la que establecer obligaciones tributarias por costes derivados de la contaminación difusa u otras afecciones de carácter ambiental atribuibles al regadío; también afirma que ni la DMA ni su transposición modifican significativamente lo anterior. La recuperación completa de costes también es cuestionada atendiendo a razones sociales y culturales (FAO, 2004).

De acuerdo con la teoría económica convencional, cabría esperar que la elevación de los precios del agua hiciera reducir la demanda de los regantes. Sin embargo, esto no siempre ocurre así en la práctica, tal y como señalan numerosos autores, entre otros, Cornish *et al.* (2004), Sumpsi *et al.* (1998), Berbel *et al.* (2007) y Gómez-Limón *et al.* (2000). Todos ellos cuestionan que los precios sean un instrumento realmente útil para conseguir un uso más eficiente del agua

(1) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política del agua.

(2) «Los Estados miembros tendrán en cuenta el principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua, incluidos los costes ambientales y los relativos a los recursos, a la vista del análisis económico efectuado con arreglo al Anexo III, y en particular de conformidad con el principio de que quien contamina paga».

de riego. Por otro lado, también se ha expresado la preocupación por el bienestar de la población rural y la producción de alimentos en relación con los posibles efectos de la aplicación de una política de precios en el agua (Huang *et al.*, 2007). En este mismo sentido se ha pronunciado el Banco Mundial (World Bank, 2003).

La falta de concordancia de la teoría económica convencional con las evidencias empíricas ha sido observada por distintos autores. Por ejemplo, Young (2005) afirma que «*No existe acuerdo entre los economistas sobre cómo aplicar la economía a la investigación de los problemas de los recursos naturales y del medio ambiente*». Este mismo autor, cuyo análisis se enmarca dentro del paradigma neoclásico, señala una inconsistencia sistemática entre los resultados obtenidos mediante métodos deductivos (técnicas econométricas) o inductivos (modelos de simulación).

Para que el análisis económico del agua tenga sentido es preciso reconocer que el agua presenta diferentes condiciones en términos de exclusión y rivalidad según el uso del que es objeto. El agua agraria debe conceptuarse como un bien público impuro o comunal que lo hay con los bienes privados la elevada rivalidad al tiempo que comparte con los públicos la dificultad para la exclusión (Ostrom *et al.*, 1994). Mientras que los bienes privados cuentan con mercados reales donde la oferta y la demanda tienden a equilibrarse a través de los precios y de la competencia, en los bienes comunales no ocurre tal cosa. Por tanto, estando demostrado la utilidad de la teoría microeconómica de los mercados para el análisis de los primeros, es cuestionable que lo sea en los segundos, habiéndose propuesto, de hecho, otras teorías alternativas.

La Nueva Economía Institucional, enmarca el trabajo de la Premio Nobel de Economía 2009, Elinor Ostrom (3), por su análisis económico de la gobernanza, especialmente de los bienes comunales. Son destacables sus estudios sobre la acción colectiva, la cooperación y la evolución y supervivencia de instituciones tales como las Comunidades de Regantes y otras de carácter tradicional. El fundamento teórico del análisis económico de este enfoque es la Teoría de Juegos, que permite elaborar modelos en los que dar cabida a los elementos propiamente institucionales.

Los aspectos institucionales del agua de riego (4) cobran una particular importancia en España, que no en vano cuenta con una valio-

(3) Compartido con Oliver E. Williamson.

(4) Organización, gestión y control de los riegos, del sistema de reparto y control del consumo del agua y de la participación de los agricultores en todas estas tareas.

sa experiencia secular en la gestión del agua de riego a través de Comunidades de Regantes, Sindicatos de Riegos y Tribunales de Aguas. Todo ello ha sido destacado por Sumpsi *et al.* (1998) quienes también observan la elevada correlación entre las características técnicas (sistema de distribución del agua y tipo de riego) y las institucionales.

La Teoría de la Decisión Multicriterio (5), que también se aleja de la ortodoxia neoclásica, postula su utilidad para el tratamiento de un amplio espectro de problemas, entre ellos los de naturaleza ambiental (Romero, C. 1992). De hecho ha sido profusamente utilizada para el análisis de la demanda de agua en diferentes contextos del regadío español: Blanco (2002), Berbel *et al.* (2005), Berbel y Martín-Ortega (2007), Gómez-Limón *et al.* (2000, 2002), entre otros.

La literatura también llega a cuestionar cualquier tipo de modelización para el análisis económico del agua de riego. Huang *et al.* (2007), en el marco de la Economía Experimental, proponen planes piloto a escala real en los que se introduzcan de forma exógena las variables objeto de análisis.

Finalmente, en este breve repaso sobre el marco teórico en el que ubicar el análisis económico del agua agraria, también hay quienes cuestionan la valoración económica propiamente dicha de los servicios ambientales y de los ecosistemas asociados al agua. Lo hace, por ejemplo, el NRC (2005) al afirmar que «*Algunos servicios ecológicos no pueden valorarse porque no son cuantificables o no existen métodos apropiados y confiables para hacerlo*».

Como ya se ha dicho más arriba, la DMA señala expresamente la relevancia del análisis económico pero cabe preguntarse qué clase de análisis debe aplicarse de modo que se garantice precisamente la relevancia deseada.

En este trabajo se analiza la pertinencia de los precios como instrumento de gestión del agua de riego en Navarra, cuyo regadío tiene una extensión (2007) de 103.271 ha (Riegos de Navarra, S.A., 2009). Para ello se desarrollan dos modelos matemáticos de carácter econométrico y multicriterio respectivamente. El primero tiene por objeto el estudio de un supuesto precio del agua de riego a través del análisis marginal de la producción agregada del regadío. El objeto

(5) *Optimización de la asignación de recursos teniendo en cuenta que la toma de decisiones no se basa exclusivamente en la maximización del beneficio sino que persigue otros objetivos complementarios o alternativos. Al medir los objetivos en sus unidades naturales también afronta el problema del Principio de Commensurabilidad en el que se basa la aceptación del valor monetario como criterio de medición económica.*

del segundo es simular el comportamiento de la demanda de agua de los agricultores ante diferentes escenarios y niveles de precio del agua.

Desde el punto de vista metodológico, el trabajo presenta algunos aspectos novedosos. Por un lado, en la literatura sobre economía agraria existen muy pocos antecedentes respecto de la estimación y aplicación de funciones de producción agregada (Alcalá y Sancho, 2002 y Cepas y Dios, 1999). Además, en nuestro caso, la estimación de la función aprovecha la variabilidad espacial en vez de la temporal, que es la usual. Por otro lado, si bien la aplicación del enfoque multicriterio al estudio del agua de riego no es una novedad propiamente dicha, sí que lo es su aplicación al conjunto de una Comunidad Autónoma, así como la consideración de un número de cultivos muy elevado (41 concretamente) y de un amplio marco de escenarios [5] y perfiles de decisión diferentes [3].

El ámbito territorial del estudio también aporta algunos aspectos destacables. Navarra ofrece, de hecho, unas circunstancias particulares, entre otras, su ubicación en la Cuenca del Ebro, el desarrollo de su marco institucional y el elevado grado de diversificación productiva alcanzado por su regadío.

La Cuenca del Ebro, además de su importancia geográfica e hidrológica, dio origen en 1926 a la primera Confederación Hidrográfica del mundo y, con ello, a la idea de que la cuenca debe ser la unidad de gestión del agua adelantándose casi un siglo a las Demarcaciones Hidrográficas que ahora impone la DMA.

El marco institucional relativo al regadío y a la gestión del agua agraria se ha visto especialmente reforzado y desarrollado en Navarra durante los últimos años; basta pasar revista al importante desarrollo estratégico y normativo: la Estrategia para la Gestión y el Uso Sostenible del Agua en Navarra, el Plan Estratégico de Agricultura de Navarra, el Plan Foral de Regadíos, la Ley Foral 1/2002 de Infraestructuras Agrícolas, la Ley Foral 7/1999 de actuaciones y obras en regadíos integradas en el Plan de Regadíos de la Comunidad Foral de Navarra, la Ley Foral 12/2005 de construcción y explotación de las Infraestructuras de interés general de la zona regable del Canal de Navarra, etc.

Tanto el enfoque econométrico como el multicriterio aprovechan directamente la variabilidad asociada a la diversidad de cultivos (6) con los que cuenta el regadío navarro y que, junto con la disponibilidad de

(6) La consideración de una elevada diversidad de cultivos es de suma importancia para los análisis llevados a cabo puesto que inciden en los efectos que tiene la sustitución de unos cultivos por otros sobre la demanda y uso del agua.

información, es otra característica territorial destacable (7) del que se beneficia este trabajo.

2. MODELOS Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En los apartados que siguen se expone la formalización matemática de los dos modelos utilizados incluyendo comentarios sobre sus limitaciones teóricas y operativas que complementan la información incluida en el apartado anterior.

2.1. Modelo econométrico: análisis marginal de la producción agregada

La especificación Cobb-Douglas está ampliamente aceptada como adecuada para la representación de funciones de producción agregada (Shani *et al.*, 2007). Conocida la función, puede abordarse el análisis marginal de la producción conforme al paradigma neoclásico de los mercados de competencia perfecta (8). El conocimiento de la función también permite cuantificar la contribución de cada uno de los factores al valor total de la producción. La formalización matemática del modelo se recoge en el cuadro 1.

Cuadro 1

MODELO DE PRODUCCIÓN AGREGADA CON ESPECIFICACIÓN COBB-DOUGLAS

$$Z = K \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i}$$

, es la función de producción agregada donde K es una constante y α_i representa la elasticidad de la producción respecto del factor de producción X_i .

$$\beta_i = \frac{Z}{X_i}, \text{ es la productividad media del factor } X_i$$

$$Y_i = \frac{\delta Z}{\delta X_i} = \alpha_i \frac{Z}{X_i} = \alpha_i \beta_i, \text{ es la productividad marginal del factor } X_i$$

Como se cumple que $\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{Z} \frac{\delta Z}{\delta X_i} = 1$, se tiene que

$$\delta_i = \frac{X_i}{Z} \frac{\delta Z}{\delta X_i} = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \text{ representa la fracción de } Z \text{ atribuible al factor } X_i$$

(7) El regadío de Navarra cuenta con más de 60 cultivos diferentes (Riegos de Navarra, SA) lo que se traduce en un magnífico escenario para la observación y medición de la variabilidad asociada a los diferentes parámetros técnico-económicos de interés.

(8) En condiciones de competencia perfecta, las productividades marginales de los factores de producción representan los precios a los que el mercado optimiza la asignación de dichos factores como recursos escasos.

La principal limitación del modelo es el supuesto de competencia perfecta para el mercado del agua, mercado que, de hecho, ni siquiera existe. Por otro lado, Cepas y Dios (1999) han puesto de manifiesto los problemas de multicolinealidad entre las variables que representan los factores de producción. Finalmente, también hay que tener en cuenta la dificultad habitual relativa a la disponibilidad de los datos necesarios, que siempre limita el análisis y, consecuentemente, la validez del mismo. No obstante, la formulación del modelo se considera de interés puesto que la contrastación de sus predicciones con la realidad observable añadirá evidencias con las que enriquecer la reflexión sobre la economía del agua.

2.2. Modelo de programación multicriterio: simulación de la demanda agregada de agua

La Programación Matemática Multicriterio, y en concreto la basada en las Metas Ponderadas, se ha demostrado eficaz en el análisis económico del agua de uso agrario, particularmente para la determinación de las curvas de demanda: Sumpsi *et al.* (1998), Berbel y Martín-Ortega (2007), Gómez-Limón *et al.* (2000). Todos estos autores coinciden en la baja elasticidad-precio del agua agraria, así como sobre la existencia de posibles efectos sociales y económicos desfavorables asociados a la tarifación.

La Programación Matemática Multicriterio parte de la idea de que la optimización simultánea de varios objetivos es imposible en la práctica. Lo que se aborda es la obtención de un conjunto de soluciones eficientes (Pareto-óptimas) que, cumpliendo determinadas restricciones (factibilidad), no pueden sustituirse por otras salvo que se empeore alguno de los objetivos.

Es preciso tomar en consideración, no obstante, que la programación multicriterio, aunque ha alcanzado un elevado grado de articulación lógica y operativa todavía no ha generado un verdadero y completo desarrollo formal de una economía de recursos multicriterio (Romero, 1997). En cualquier caso, para la correcta aplicación de esta herramienta, basada en la posibilidad de sustitución de cultivos, es imprescindible cumplir las siguientes condiciones fundamentales (Romero, 1993):

- Sólo bajo la consideración de grupos homogéneos de agricultores puede admitirse la existencia de una función de utilidad agregada que permita simular adecuadamente su comportamiento conjunto.
- Aunque las funciones de utilidad verdaderas no son lineales, puede admitirse la simplificación de la linealidad siempre, y cuando se evite considerar objetivos fuertemente correlacionados.

Se ha formulado el modelo matemático que se especifica en el cuadro 2 y que tiene en cuenta tipologías homogéneas de agricultores (g) en diferentes zonas territoriales (z). La aplicación para el conjunto del regadío de Navarra se obtiene por agregación de los resultados obtenidos para cada grupo (g) y zona (z). El modelo persigue la maximización del «Margen Operativo (9)» y la minimización del

Cuadro 2

MODELO DE PROGRAMACIÓN MULTICRITERIO POR METAS PONDERADAS

| FUNCIONES OBJETIVO | |
|--|---|
| MARGEN OPERATIVO | $f_{izg} = \sum_{j=1}^{j=41} (x_{jzg}, \alpha_{4j}, ACT4)$ $- \sum_{j=1}^{j=41} [x_{jzg}, \alpha_{4j}, ACT5] + (x_{jzg} \frac{\alpha_{5j}}{\phi_z} (p + (ELEV_z, KJELEV_z, J_z, ACT3)) + (x_{jzg}, \epsilon_i, j_p, ACT3)]$ |
| RIESGO | $f_{2zg}(x) = X_{zg} \cdot \alpha_{i2}$ |
| AGUA | $f_{3zg}(X) = \sum_{j=1}^{j=41} X_{jzg} \frac{\alpha_{5j}}{\phi_z}$ |
| FUNCIONES DE OPTIMIZACIÓN | |
| $\text{Min} \sum_{i=1}^{i=3} w_{izg} \frac{ (f_{izg} \ominus - f_{izg}(X)) }{ (f_{izg} \oplus - f_{izg}(X)) }$ <p>Con $z=1, \dots, 5$ según la zona elegida y $g=P, M, G$ según tipología del agricultor</p> | |
| VARIABLES DE DECISIÓN | |
| <p>$X = (X_{1zg}, X_{2zg}, \dots, X_{jzg})$, que representa la superficie de los cultivos (ha) asignada por el centro decisor correspondiente a la zona z y a la tipología de agricultores g</p> | |
| RESTRICCIONES | |
| POSITIVIDAD | $X_j \geq 0$ $f_{1zg} \geq 0$ |
| TIERRAS OCUPADAS | $\sum_{i=1}^{j=41} k_{jz}(X_j)_{zg} = \theta_{zg} \cdot s_z \cdot ACT6$ <p>Que impide que se cultive más tierra de la disponible</p> |

(9) A los efectos del presente estudio se considera el Margen Operativo como la diferencia entre los ingresos totales, incluidas subvenciones acopladas a los cultivos, y los gastos directos incluyendo combustible y agua. Se trata de una magnitud que resultaría muy próxima al Valor Añadido Bruto a coste de los factores. No se ha utilizado el Margen Bruto ante la imprecisión con la que está definido en la Decisión 85/377 (“Saldo entre el valor monetario de la producción bruta y el valor de ciertos costes directos inherentes a la producción”) así como por la conveniencia de considerar el valor de las subvenciones a los cultivos (pagos directos), al mismo tiempo que los costes del agua, combustibles y energía en el proceso de producción.

Cuadro 2 (Cont.)

MODELO DE PROGRAMACIÓN MULTICRITERIO POR METAS PONDERADAS

| RESTRICCIONES | |
|--------------------------------|---|
| | $X_{jzg} \leq \theta_{zg} \cdot S_z \cdot ACT6 \cdot \beta_{jz}MAX$ <p>Que limita la extensión de cada cultivo en función de las condiciones agroambientales</p> |
| CONDICIONES AGRONÓMICAS | $ACT6 \cdot K_{02g} \cdot \sum_{i=1}^{j=41} X_{j2g} \leq X_{402g}$ <p>Que establece limitaciones en el grado de intensificación del uso de la tierra exigiendo condiciones mínimas de barbecho</p> |
| | $X_{jzg} \cdot \alpha_{4j} \cdot ACT4 \leq I_{jz}MAX \cdot \sum_{j=1}^{j=41} (X_{jzg} \cdot \alpha_4 \cdot ACT4)$ <p>Que limita la extensión de cada cultivo atendiendo a condicionantes comerciales y de mercado</p> |
| DISPONIBILIDAD DE AGUA | $\sum_{j=1}^{j=41} (\alpha_{5jz} \cdot \varphi_z \cdot X_j) \leq \theta_{zg} \cdot DISAGUA_z \cdot ACT2$ <p>Que impide que se utilice más agua de la disponible</p> |
| DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA | $\sum_{j=1}^{j=41} (\alpha_{5j} \cdot X_j)_{zg} \leq \sigma_{zg} \cdot UTA_z \cdot ACT1$ <p>Que impide que se utilice más mano de obra de la disponible</p> |

MATRIZ

Optimizar $f_{izg} = f_{izg}(X)$; $X \in F$. Los valores de la diagonal principal dan los valores ideales f_{izg}^{\ominus} de los objetivos y los «peores valores», el mayor si el objetivo es del tipo «cuanto menos mejor» o el menor si es del tipo «cuanto más mejor», de cada columna representan los valores de los anti-ideales f_{izg}^{\oplus}

NOTA: El anexo nº 1 incluye la definición detallada de todas las variables.

riesgo y de la cantidad de agua utilizada (10). Las variables de decisión son las superficies de los diferentes cultivos. Las restricciones hacen referencia a la disponibilidad de tierra de regadío, de agua y de mano de obra, así como a determinadas condiciones de carácter agroambiental y comercial.

Tal y como señalan algunos autores (Huang *et al.*, 2007) aunque los resultados de las simulaciones pueden aportar información de interés, su fiabilidad depende de cómo y en qué grado el modelo repre-

(10) Se ha introducido este objetivo atendiendo a la constatación de que, en algunas zonas, factores tales como la incertidumbre en la disponibilidad real de las dotaciones de riego o las importantes alturas de elevación de agua hacen que los agricultores lo consideren realmente.

senta la realidad de lo que realmente es difícil de lograr si se tiene en cuenta que los agricultores eligen entre muchos cultivos, afrontan diferentes riesgos y se rigen por criterios diferentes ante las diferentes opciones y oportunidades. Esto se traduce en la dificultad para ponderar con rigor los objetivos considerados por el modelo, dando pie a posibles arbitrariedades. Por otro lado, los mismos autores también señalan que existen factores difícilmente tratables que pueden afectar a la política de los precios del agua, como por ejemplo la adopción de nuevas tecnologías de ahorro de agua a medida que ésta eleva su precio, la respuesta diferente de los agricultores en función de condiciones locales de naturaleza física, económica, cultural, etc.

Para minimizar el grado de arbitrariedad en la ponderación de los objetivos se han adoptado dos medidas. La primera, la fundamentación de las valoraciones en los resultados de encuesta fiable a los regantes que conduzca a un «perfil base». La segunda, la formulación de variantes del «perfil base» que permita valorar la sensibilidad del modelo frente a la ponderación de los objetivos.

3. DATOS

Se ha llevado a cabo un complejo proceso de recopilación de datos mediante la consulta y explotación de fuentes estadísticas, registros administrativos, bases de datos técnicas (ITGA y Riegos de Navarra, S.A.) y trabajo de campo asegurando en todo momento la homogeneidad y representatividad de la información.

En los apartados que siguen se detallan las fuentes utilizadas para las diferentes variables, con independencia de su utilización en cualquiera de los dos modelos considerados. En los dos últimos apartados se hace referencia expresa a cada uno de estos modelos.

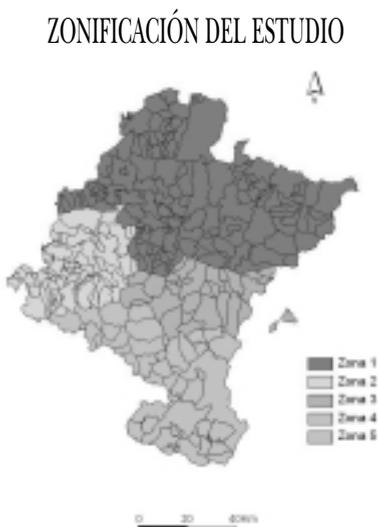
3.1. Desagregación territorial

Siempre que ha sido posible se han obtenido datos a escala municipal o, en su defecto, comarcal. Dada la concentración del regadío en la mitad sur de la Comunidad Foral, se han considerado 5 áreas territoriales quedando agrupadas en la zona Z1 las comarcas I, II y III; las comarcas IV, V, VI y VII se corresponden directamente con las zonas Z2, Z3, Z4 y Z5 (véase Mapa 1). Los datos territoriales han sido facilitados por el Servicio de Información Territorial de Navarra (SITNA).

3.2. Datos correspondientes a los cultivos

Se han considerado un total de 41 cultivos, incluyendo barbecho y abandono, cuya extensión en 2006 representó el 94,69 por ciento de

Mapa 1



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Servicio de Información Territorial de Navarra (SITNA).

los usos y aprovechamientos del regadío total de Navarra. La selección de cultivos, cuyo detalle puede verse en el anexo 2, se ha realizado atendiendo a la disponibilidad homogénea y suficiente de información requerida por los diferentes análisis.

Para cada cultivo, a partir del IT de 2006, facilitado por el Servicio de Información y Gestión Económica del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, se ha obtenido la superficie municipal y agregaciones territoriales pertinentes. A partir de los datos facilitados por el Servicio de Asesoramiento al Regante de Riegos de Navarra, SA, correspondientes a las necesidades netas de agua de los cultivos para los diferentes observatorios meteorológicos, se han obtenido las necesidades netas de agua de cada cultivo en cada una de las 5 zonas consideradas en el modelo multicriterio y que se justifican en el apartado relativo a los datos específicos de dicho modelo. Para cada zona, y a partir de la información también facilitada por el Servicio indicado, se ha determinado la eficiencia global de riego así como la altura media de elevación. Se han recopilado, a partir de la información facilitada por el Negociado de Estadísticas y Estudios Agrarios del Gobierno de Navarra, los rendimientos comarcales de los cultivos y los precios percibidos por los agricultores relativos al período 2001-2006, que es el período que se ha considerado para la determinación del riesgo asociado a

cada cultivo (varianza de los ingresos por ventas); para la determinación de la producción bruta (por cultivo y zona) se han considerado, los precios y rendimientos medios del período 2005-2007.

Los rendimientos comarcales de los cultivos y los precios percibidos por los agricultores se han obtenido de la información que elabora el Negociado de Estadísticas y Estudios Agrarios del Gobierno de Navarra. El riesgo asociado a cada cultivo se ha determinado mediante la varianza de los precios percibidos durante el período 2001-2006. La producción bruta asociada a cada cultivo se ha calculado como producto del precio medio percibido durante el período 2005-2007 y el rendimiento obtenido durante ese mismo período.

El Instituto Técnico de Gestión Agrícola (ITGA) ha facilitado información detallada, correspondiente a 2007 sobre las diferentes magnitudes físicas y económicas de interés (costes, necesidades de mano de obra y maquinaria, fertilizantes, fitosanitarios, etc.) para cada uno de los cultivos considerados.

En los anexos, por razones de espacio y claridad de exposición, únicamente se muestran los datos relativos a necesidades de agua, eficiencia de riego y alturas de elevación.

3.3. Datos correspondientes a la estructura de las explotaciones

La explotación del Registro de Explotaciones Agrarias de Navarra ha permitido recopilar datos correspondientes a 8.653 unidades. Éstas se han seleccionado considerando únicamente las explotaciones con superficie de regadío ubicadas en municipios con más de 100 ha de regadío. La superficie total de regadío muestreada representa el 62,93 por ciento de la superficie total existente en 2007 (103.271 ha). No obstante, como limitación más significativa, cabe señalar que muchas de las explotaciones hortofrutícolas no están inscritas en el Registro. Los resultados se han obtenido de forma agregada para las 5 áreas territoriales y tres tipologías de explotación en función de su dimensión económica [UDE (11)]. Para determinar la mano de obra atribuible al regadío se ha descontado de las UTA'S totales las atribuibles al secano y a la ganadería considerando respectivamente 0,008 UTA/ha y 0,04 UTA/UGM. Los cuadros que se acompañan muestran, para cada zona, la distribución de la superficie de riego y de la mano de obra en función de la tipología de explotación.

(11) Unidad de Dimensión Económica (UDE) que equivale a 1.200 € de Margen Bruto.

Cuadro 3

ESTRUCTURA DE LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS DEL REGADÍO DE NAVARRA

| Tipologías | Distribución de la superf. de riego según tipología de agricultor y zona (%) | | | | |
|----------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| < 40 UDE (P) | 46,49 | 47,68 | 53,16 | 44,82 | 51,72 |
| 40-100 UDE (M) | 24,45 | 39,48 | 28,35 | 28,58 | 24,42 |
| >100 UDE (G) | 29,05 | 12,83 | 18,49 | 26,60 | 23,86 |

| Tipologías | Distribución de la mano de obra (%) | | | | |
|----------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| < 40 UDE (P) | 51,00 | 49,57 | 60,97 | 52,69 | 65,09 |
| 40-100 UDE (M) | 24,41 | 36,09 | 27,10 | 25,69 | 18,56 |
| >100 UDE (G) | 24,59 | 14,34 | 11,94 | 21,62 | 16,35 |

Fuente: elaboración propia a partir de la explotación de datos procedentes del Registro de Explotaciones Agrícolas de Navarra.

3.4. Datos correspondientes a la gestión del agua y de los cultivos

Se ha encuestado a 765 agricultores y a 205 Comunidades de Regantes con el fin de investigar, entre otros fines, los criterios de decisión aplicados en relación con la distribución de los cultivos, costes del agua y relación entre ambas cuestiones. El 72,7 por ciento de los encuestados son agricultores a título principal, y el 68,18 por ciento son agricultores profesionales. Por otro lado, el 63,63 por ciento de las explotaciones corresponden a explotaciones prioritarias.

En el ámbito de las Comunidades de Regantes, el 59 por ciento de los encuestados creen que la respuesta ante una subida del precio de agua sería eliminar los cultivos menos rentables, independientemente del consumo de agua de dichos cultivos. Un 41 por ciento combinaría esta opción por la búsqueda de otra actividad económica distinta a la agricultura. Por otro lado, un 47 por ciento de los encuestados afirma que respondería a la elevación de los precios llevando a cabo inversiones para reducir el consumo de agua, un 22 por ciento utilizaría el consumo de agua de los distintos cultivos como criterio para ir eliminando cultivos, un 17 por ciento se centraría, a raíz de esta elevación de los precios, en actividades de secano y el 14 por ciento restante optaría por otras estrategias o no saben lo que harían.

El 82 por ciento de los agricultores, ante la elevación de los precios del agua, respondería eliminando los cultivos de menos rentabilidad y llevando a cabo inversiones para reducir en lo posible el consumo

de agua. La disponibilidad de mano de obra familiar, junto con la maximización de los ingresos son los criterios más valorados. Por el contrario, la disponibilidad de agua es el factor menos condicionante en la toma de decisiones.

En relación con los costes repercutidos a los regantes en concepto de todos los gastos, cánones y tarifas de agua, excluidos los de elevación, destaca la variabilidad de los mismos. Oscila entre 11,90 €/ha y 500 €/ha resultando un valor medio de 110,03 €/ha y una desviación típica de 85,36 €/ha. Es destacable el hecho de que, salvo contadas excepciones, los costes se calculan y repercuten a los regantes por unidad de superficie, con profusa utilización de unidades locales, y con independencia de los volúmenes utilizados. Con carácter orientativo, puesto que existen importantes insuficiencias de información y de conocimiento por parte de las propias Comunidades de Regantes, se ha estimado un coste medio unitario de 0,036 €/m³ para el conjunto del regadío de la Comunidad Foral. En cualquier caso, dada la variabilidad de los costes, es dudosa la utilidad de la determinación de este coste medio, más allá de un mero referente para los análisis de carácter agregado.

Para el caso del Sistema Itoiz-Canal de Navarra, Chica (2008) ha obtenido una tasa del 82,80 por ciento para la recuperación financiera de la inversión pública total efectuada. Para ello toma en consideración todos los bienes y servicios aplicados, incluyendo también las ayudas públicas otorgadas a las infraestructuras de riego.

3.5. Datos del modelo econométrico

A partir de los datos de los cultivos considerados se han calculado las producciones brutas (€/ha), el volumen de agua utilizada (m³/ha), la mano de obra aplicada (UTA/ha) así como el nitrógeno (kg/ha) y el combustible (l/ha) utilizados en el regadío de cada uno de los 148 municipios de Navarra para los que se ha podido disponer de la información necesaria.

La superficie total de regadío considerada ha sido de 89.109 ha, lo que representa el 88 por ciento de la superficie total de regadío existente en Navarra en 2006, que es la fecha a la que corresponden las superficies municipales utilizadas (1T-2006). La producción bruta total asignada ha sido de 203,74 millones de euros, el agua utilizada 313,87 hm³, el nitrógeno aplicado 11.034 t, el gasóleo 13.823 m³ y la mano de obra aplicada de 5.018,90 UTA.

Los valores unitarios por hectárea muestran una alta variabilidad territorial que se pone de manifiesto por los elevados valores que muestran las desviaciones típicas en relación con sus respectivos valores medios tal y como puede apreciarse en el cuadro 4.

Cuadro 4

CONTRASTACIÓN DEL MODELO

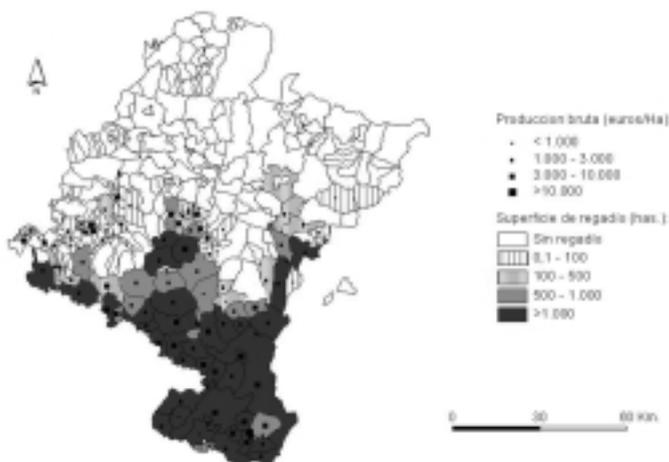
| Datos observados | | | |
|----------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| Variables | Total municipios | Valor medio (ud/ha) | Desv. típica (ud/ha) |
| Superficie Útil (ha) | 89.109 | | |
| Agua utilizada (m ³) | 313.867.849,59 | 3.522,29 | 1.376,59 |
| UTA | 5.018,90 | 0,056 | 0,07 |
| Gasoil (Litros) | 13.823.046,67 | 155,13 | 89,04 |
| Nitrógeno (kg) | 11.034.082,00 | 123,83 | 45,88 |
| Producción Bruta (€) | 203.738.827,91 | 2.286,40 | 3.626,21 |

Fuente: elaboración propia.

Los mapas 2 y 3 muestran, a título de ejemplo, los datos relativos a la producción bruta y al agua utilizada.

Mapa 2

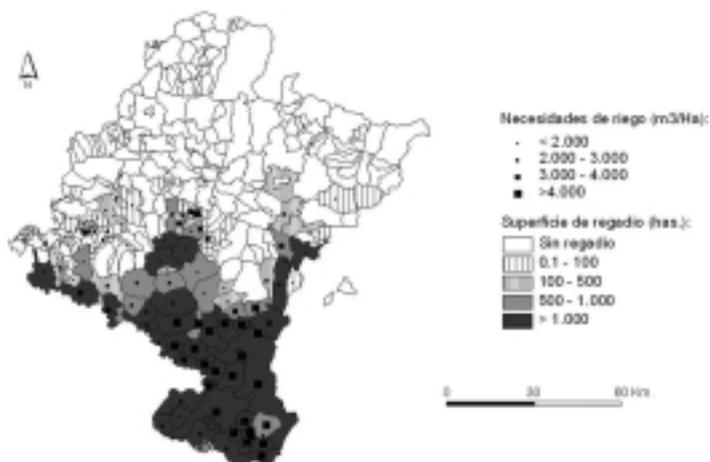
DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN BRUTA (€/ha)



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instituto Técnico y de Gestión Agrícola (ITGA) y de Riegos de Navarra, SA.

Mapa 3

DISTRIBUCIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO (m³/ha)



Nota: los términos municipales que no tienen dato es debido a la inexistencia de cultivos de regadío en los 1T de 2006 que ha sido la fuente utilizada para la determinación de las productividades. Las superficies de riego representadas en el mapa están referidas a Mayo de 2008.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instituto Técnico y de Gestión Agrícola (ITGA) y de Riegos de Navarra, SA.

3.6. Datos del modelo multicriterio

Los datos relativos a disponibilidad máxima de recursos son los que se recogen en el cuadro 5 y que se traducen en un total, para el conjunto del regadío de Navarra, de 103.271 ha de cultivo con riego, 6.145 UTA y 729,43 hm³.

La proporción mínima de barbecho se ha establecido entre el 4 y el 12 por ciento de la superficie de riego. Algunos cultivos tales como

Cuadro 5

| Recursos | Disponibilidad máxima de recursos | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| Superficie total de las tierras de regadío (ha) | 2.926 | 4.440 | 11.935 | 38.134 | 45.836 |
| Mano de obra agrícola total disponible (UTA) | 215 | 410 | 620 | 2.500 | 2.400 |
| Agua de riego total disponible (m ³) | 14,63*10 ⁶ | 28,42*10 ⁶ | 76,38*10 ⁶ | 244,06*10 ⁶ | 366,69*10 ⁶ |

Fuente: elaboración propia a partir de los datos facilitados por Riegos de Navarra, SA, explotación del Registro de Explotaciones Agrarias y dotaciones de riego facilitadas por Confederación Hidrográfica del Ebro.

el arroz o el trigo duro se han excluido de las zonas 1 y 2 también se ha establecido exclusiones territoriales para determinadas hortícolas y frutales atendiendo a sus exigencias agroclimáticas.

Para el precio del gasóleo se ha tomado 0,733 €/litro y para el de la energía eléctrica, 0,0818 €/Kwh (12). Los precios del agua son objeto de parametrización en un intervalo establecido entre 0,00 y 0,90 €/m³.

El modelo utilizado considera variación en las disponibilidades de los tres recursos mencionados mediante la introducción de los correspondientes parámetros de actualización que definen a su vez los cuatro escenarios de análisis: Base, Tendencial Voluntarista y Pesimista. Para estos mismos escenarios también se han establecido diferentes hipótesis de variación de los precios de la energía, incluidos los combustibles agrícolas, de los precios percibidos por los agricultores por la venta de sus productos en el mercado y de los costes de los cultivos. El cuadro 6 recoge la caracterización de los escenarios. Los valores establecidos pretenden únicamente establecer el comportamiento del sistema ante diferentes hipótesis de simulación para analizar el comportamiento de los diferentes supuestos en relación con el mismo.

Cuadro 6

CARACTERIZACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS

| Escenarios | Recursos disponibles | | | Precios | | |
|-------------------|----------------------|---------|------|---------|----------|--------|
| | Superf. | Trabajo | Agua | Energía | Ingresos | Costes |
| I. Base | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| II. Tendencial | 1,25 | 0,75 | 0,75 | 1,30 | 1,00 | 1,15 |
| III. Voluntarista | 1,50 | 1,10 | 0,85 | 1,15 | 1,10 | 0,10 |
| IV. Pesimista | 1,15 | 0,70 | 0,70 | 1,40 | 0,95 | 1,20 |

Fuente: elaboración propia.

Los valores representan los factores de adecuación de los recursos y de los precios a los diferentes escenarios en relación con el escenario base. Así, por ejemplo, el valor 1,25 asignado a la superficie de

(12) Este precio es el que corresponde al año 2007, que es el año de referencia de los datos considerados en el Estudio. Hay que señalar que en 2009, como consecuencia de la desaparición de la tarifa especial de riego, el coste de la elevación de agua se ha visto notablemente incrementado. Esta circunstancia, que ya era previsible, se recoge expresamente en el escenario tendencial, que considera un incremento de los costes de energía del 30 por ciento.

riego en el escenario tendencial indica que éste se incrementará en un 25 por ciento.

La ponderación atribuida a cada uno de los tres objetivos considerados (Margen Operativo, Riesgo y Agua utilizada) se recoge en el cuadro 7 que considera a su vez tres perfiles decisores (Base, Arriesgado y Conservador) y las tres tipologías de explotación (P, las que tienen menos de 40 UDE, M, las que tienen entre 40 y 100 UDE y G, las que tienen más de 100 UDE).

Cuadro 7

PONDERACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE OPTIMIZACIÓN SEGÚN PERFILES DECISORES Y TIPOLOGÍAS DE EXPLOTACIÓN

| Perfil decisor | Coeficientes de ponderación | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|------|---------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | W _{margen} | | | W _{riesgo} | | | W _{agua} | | |
| | P | M | G | P | M | G | P | M | G |
| Base | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,20 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,10 |
| Arriesgado | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,08 | 0,10 |
| Conservador | 0,35 | 0,56 | 0,63 | 0,60 | 0,36 | 0,15 | 0,05 | 0,08 | 0,10 |

Fuente: estimación propia a partir de los resultados de las encuestas a los agricultores.

4. FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN AGREGADA DEL REGADÍO DE NAVARRA

Mediante regresión lineal múltiple sobre los datos a los que hace referencia el apartado 3.5, previa transformación logarítmica, se han ajustado, por el método de mínimos cuadrados, diferentes ecuaciones con especificación Cobb-Douglas, en el marco del modelo descrito en el apartado 2.1. Las dos ecuaciones que han resultado estadísticamente más significativas se muestran a continuación, donde Z es la producción bruta, medida en €/ha, la constante K es un factor de escala, el agua utilizada, medida en m³/ha, el trabajo aplicado, en UTA/ha, el combustible consumido, en litros/ha y el nitrógeno distribuido, en kg/ha. El subíndice j hace referencia a cada uno de los 148 municipios a los que se refieren los datos considerados y el factor recoge el error de la estimación:

$$\text{Ecuación nº 1: } Z_j = K_1 X_1^{\alpha 2_{1j}} X_2^{\alpha 2_{2j}} X_3^{\alpha 3_{3j}} X_4^{\alpha 4_{4j}} \epsilon_{1j}$$

$$\text{Ecuación nº 2: } Z_j = K_2 X_1^{\beta 2_{1j}} X_2^{\beta 2_{2j}} X_3^{\beta 3_{3j}} X_4^{\beta 4_{4j}} \epsilon_{2j}$$

No se ha considerado el capital por carecer de la información mínima necesaria. No obstante se ha considerado que, muy probable-

mente, esta variable presente una elevada correlación con las relativas al combustible y al nitrógeno que, a su vez, están fuertemente ligadas al nivel de mecanización y de intensificación productiva.

El modelo, al basarse en la variabilidad espacial y no considerar la dimensión temporal, evita problemas como son la evolución tecnológica o la actualización del valor económico de las producciones. La elevada diversidad de cultivos con que cuenta el regadío de Navarra y la estabilidad superficial y productiva que, a medio plazo, muestran la mayoría de ellos, garantiza la validez del enfoque espacial adoptado.

Los cuadros 8 y 9 muestran los valores obtenidos para las constantes y para los exponentes de las variables, que representan las elasticidades de la producción frente a los factores.

La ecuación nº 1 da una elasticidad para el agua más baja (0,113) que la ecuación nº 2 (0,286). Alcalá y Sancho (2002), que estudian la relación agregada entre la disponibilidad hídrica y la producción del regadío de Murcia (13), obtienen elasticidades de la producción (medida en términos brutos) con respecto al agua que varían entre 0,30 y 0,42 a corto plazo y entre 1,11 y 1,57 a largo plazo. Las elasticidades a corto plazo, que serían en todo caso las comparables, son por tanto mucho más elevadas que las que hemos obtenido para Navarra. Con independencia de las diferencias metodológicas, hay que poner de relieve las acusadas diferencias estructurales existentes entre los regadíos de ambas regiones.

El comportamiento predictivo del modelo se analiza en el cuadro 10. La ecuación nº 1 ($R^2=0,84$) resulta más fiable que la nº 2 ($R^2=0,69$) para la estimación de la producción agregada. En efecto, el valor de la producción estimada a través de dicha ecuación tan sólo difiere en un 4 por ciento de su verdadero valor observado, que es 2.286,40 €/ha según puede apreciarse en el cuadro 4. Sin embargo, conduce a valores para las productividades marginales (cuadro 11) difícilmente justificables, particularmente en el caso de la mano de obra, cuyo valor tan reducido (1.254,64 €/UTA) sólo podría explicarse como consecuencia de un uso verdaderamente abusivo del factor que no se corresponde en absoluto ni con los datos ni con la realidad. Por el contrario, la ecuación nº 2 muestra valores mucho más coherentes para las productividades marginales de los tres factores que considera (agua, trabajo y nitrógeno).

(13) Utilizan también una especificación Cobb-Douglass y como factores, además del agua, el capital relacionado con la agricultura (público y privado), y la superficie regada teniendo en cuenta un índice de evolución tecnológica. Consideran el período 1976-1998.

Cuadro 8

DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES

| Constante | Valor estimado | t-Student | Probabilidad Error |
|----------------------|----------------|-----------|--------------------|
| Ecuación nº 1 | | | |
| K_1 | 0,107 | -3,38 | 0,001 |
| α_1 | 0,113 | 2,26 | 0,025 |
| α_2 | 0,032 | 0,59 | 0,550 |
| α_3 | 1,405 | 11,65 | 0,000 |
| α_4 | 0,419 | 5,98 | 0,000 |
| Ecuación nº 2 | | | |
| K_2 | 41,347 | 6,35 | 0,000 |
| β_1 | 0,286 | 4,32 | 0,000 |
| β_2 | 0,566 | 14,19 | 0,000 |
| β_4 | 0,713 | 7,83 | 0,000 |

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9

VALORACIÓN ESTADÍSTICA GLOBAL DEL MODELO

| Ecuación nº 1 | | | |
|------------------------------|--------|---------------------------|------|
| Coeficiente (ajustado) R^2 | 0,84 | Criterio Schwarz | 0,60 |
| Suma de cuadrados | 13,37 | Criterio Hannan-Quinn | 0,54 |
| Estadístico F | 189,58 | Estadístico Durbin-Watson | 2,17 |
| Desv. Típ.var. principal | 0,76 | | |
| Ecuación nº 2 | | | |
| Coeficiente R^2 | 0,69 | Criterio Schwarz | 1,24 |
| Suma de cuadrados | 26,05 | Criterio Hannan-Quinn | 1,19 |
| Estadístico F | 107,24 | Estadístico Durban-Watson | 2,08 |
| Desv. Típ.var. principal | 0,76 | | |

Fuente: elaboración propia.

Las productividades marginales obtenidas, que se muestran en el cuadro 11, presentan valores muy superiores a los precios de mercado (14) en el caso del trabajo y del nitrógeno y del coste medio repercutido a los regantes en el caso del agua (15). Esto, en el marco

(14) Que son 18.000 €/UTA, 0,35 €/kg N.

(15) Que es de 0,036 €/m³ para el conjunto del regadío de la Comunidad Foral, tal y como se indica en el apartado 3.4.

Cuadro 10

VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO

| Ecuaciones | Producción bruta (€) | €/ha | Error (%) |
|---------------|----------------------|----------|-----------|
| Ecuación nº 1 | 193.076.392,42 | 2.195,62 | -3,97 |
| Ecuación nº 2 | 227.546.202,73 | 2.587,60 | + 13,17 |

Fuente: elaboración propia.

de la teoría económica neoclásica, indicaría una utilización de factores menos intensiva de lo que correspondería al supuesto óptimo económico. Los valores medios reflejados en el cuadro 4 para el uso del agua (3.522 m³/ha), del trabajo (0,056 UTA/ha) y del nitrógeno (122,83 kg/ha) ponen de manifiesto intensidades relativamente bajas. Esto es consecuencia de la orientación productiva del regadío que, en el año de referencia de este estudio (2006), presentaba la siguiente distribución de cultivos, expresada como porcentaje de la superficie total de riego: 44,03 por ciento herbáceos extensivos, 16,31 por ciento hortalizas, 2,53 por ciento frutales, 16,11 por ciento olivo, vid y almendro y 21,02 por ciento superficies improductivas [barbecho, abandono y otras (16)].

No obstante, el supuesto subempleo de los recursos anteriormente aludido debe matizarse. En efecto, el regadío de Navarra, como se ha explicado, muestra una elevada diversidad productiva que determina un amplio rango de variación en las necesidades de agua, desde los 1.952 m³/ha del olivo hasta los 7.579 m³/ha de alfalfa, en las de mano de obra, desde 0,001 UTA/ha del barbecho hasta 0,42 UTA/ha del tomate de plaza, y en las del nitrógeno, desde los 55 kg/ha de los cereales de invierno hasta los 246 kg/ha del melón. Igualmente la producción bruta unitaria varía entre los poco más de 700 €/ha del girasol o del almendro hasta los 48.593 €/ha del tomate de plaza. La baja intensidad media de aplicación de los factores en el regadío navarro debe interpretarse por tanto en términos relativos respecto de su potencial productivo teórico, que sería muy elevado. Sin negar la posibilidad de elevar el nivel de intensidad productiva, aumentando, por ejemplo la proporción de superficie cultivada, hay que tener en cuenta la existencia de factores tales como la capacidad del mercado y de las estructuras de industrialización y de comercialización, que condicionan, sobre todo, la expansión de los cultivos más inten-

(16) Por ejemplo, superficies de riego recientemente transformadas que todavía no han entrado en producción.

Cuadro 11

PRODUCTIVIDADES Y PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN AGREGADA

| Factores productivos | i | Productividad media β_i | Productividad marginal γ_i | Participación producción δ_i |
|-----------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Ecuación nº 1</i> | | | | |
| Agua (X_1) | 1 | 0,62 €/m ³ | 0,07 €/m ³ | 5,74% |
| Trabajo (X_2) | 2 | 39.208 €/UTA | 1.254,64 €/UTA | 1,62% |
| Combustible (X_3) | 3 | 14,15 €/litro | 19,88 €/litro | 71,36% |
| Nitrógeno (X_4) | 4 | 17,73 €/kg | 7,43 €/kg | 21,28% |
| <i>Ecuación nº 2</i> | | | | |
| Agua (X_1) | 1 | 0,73 €/m ³ | 0,21 €/m ³ | 18,27% |
| Trabajo (X_2) | 2 | 46.207 €/UTA | 26.153,24 €/UTA | 36,17% |
| Nitrógeno (X_4) | 4 | 20,89 €/kg | 14,96 €/kg | 45,60% |

Fuente: elaboración propia a partir del modelo econométrico estimado.

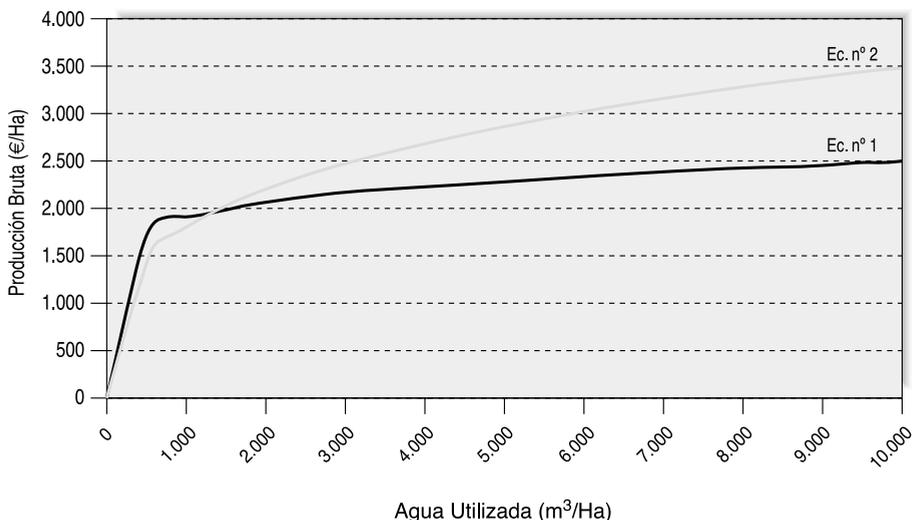
sivos (hortícolas y frutales). También debe tenerse en cuenta que el análisis de la productividad llevado a cabo está basado en la producción bruta y que su maximización no conduce necesariamente a la optimización del Margen Bruto, del Valor Añadido Bruto, de las Disponibilidades Empresariales o de la Renta Agraria. Otro aspecto a considerar sería la conveniencia del mantenimiento de la elevada diversidad de cultivos, que aporta ventajas evidentes en términos de gestión de riesgos y de rotación de cultivos. Es posible que el óptimo, basado exclusivamente en la maximización de cualquiera de las magnitudes económicas referidas y sin atender a las restricciones que imponen el mercado, las buenas prácticas agronómicas y otras, condujera a situaciones de monocultivo o muy próximas al mismo, lo que resulta inadecuado, además de inviable en la práctica.

Suponiendo constante la cantidad de trabajo, combustible y nitrógeno aplicada, y adoptando para éstos los valores medios observados (0,056 UTA/ha, 155,13 litros gasóleo/ha y 123,83 kg N/ha) la relación entre la producción y el agua queda determinada por la Función de Producción Agregada del Agua (gráfico 1).

Para las dos ecuaciones se observa que la función sigue la ley de rendimientos decrecientes esperada y que la elasticidad de la producción es muy elevada sólo hasta 1.000 m³/ha, siendo mucho menor a partir de dicho valor.

La Función de Producción Agregada del Nitrógeno se obtiene bajo el supuesto de aplicación del resto de factores a un nivel constante y equivalente a los valores medios observados (3.522 m³/ha para el

Gráfico 1

Función de Producción Agregada del Agua

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo econométrico estimado.

agua, 0,056 UTA/ha y 155,13 l gasóleo/ha). Queda representada en el gráfico 2. La ecuación n.º1 es la que presenta un mejor ajuste a la supuesta ley de rendimientos decrecientes si bien, al contrario que en el caso del agua, la producción presenta un comportamiento elástico para las dos ecuaciones.

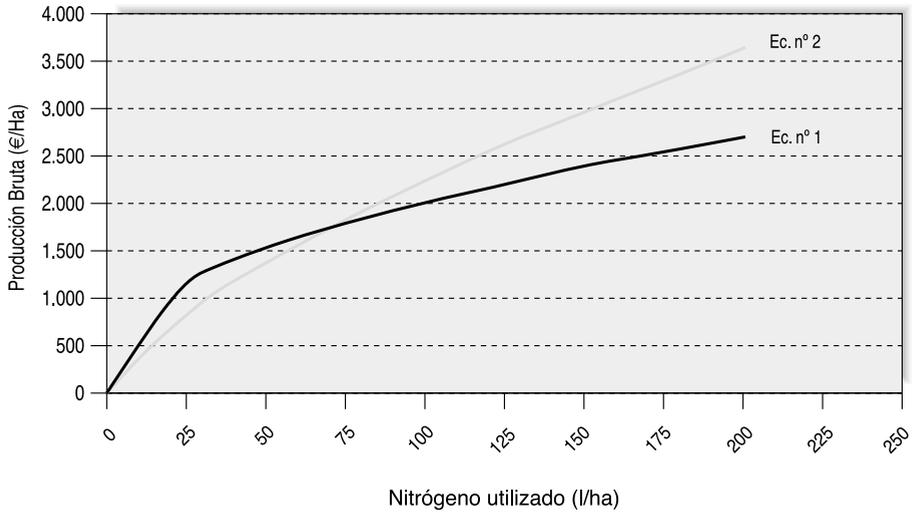
5. CURVA DE DEMANDA AGREGADA DE AGUA DEL REGADÍO DE NAVARRA

La aplicación del modelo multicriterio ha permitido generar las curvas de demanda del agua de riego para los diferentes escenarios considerados así como el comportamiento de otras variables tales como el Margen Operativo o la superficie de riego abandonada, que son a las que, de forma resumida, hacen referencia los cuadros y gráficas que se incluyen en este apartado.

El gráfico 3, que recoge los resultados del escenario base correspondientes a cada uno de los tres perfiles decisores considerados, muestra que la elasticidad de la demanda de agua es muy baja hasta un precio del agua de 0,20 €/m³, que es el nivel obtenido para la productividad marginal en el apartado anterior (0,21 €/m³). Se comprueba asimismo que, hasta ese precio, apenas hay diferencias entre los diferentes perfiles.

Gráfico 2

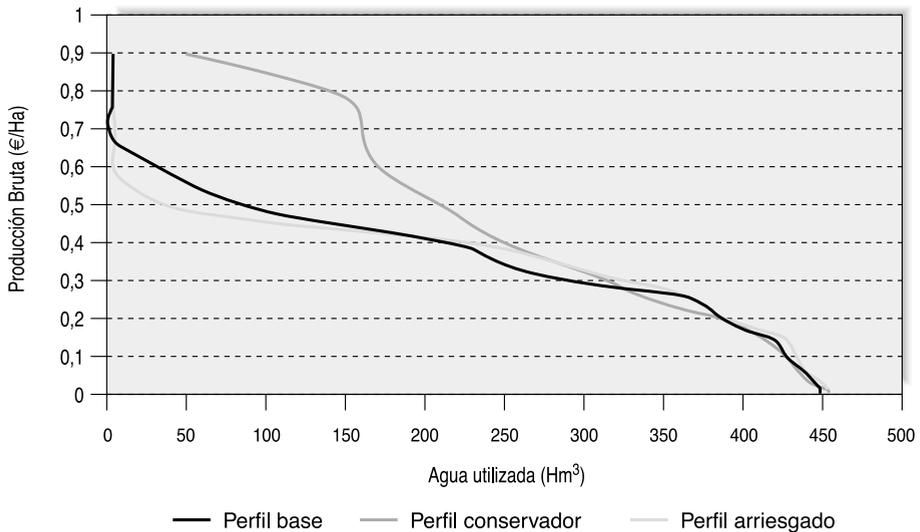
Función de Producción Agregada del Nitrógeno



Fuente: Elaboración propia a partir del modelo econométrico estimado.

Gráfico 3

**Curva de demanda de Agua
Perfiles escenario base**



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12

AGUA UTILIZADA Y RESULTADOS SEGÚN ESCENARIO Y PRECIO. PERFIL DECISOR BASE

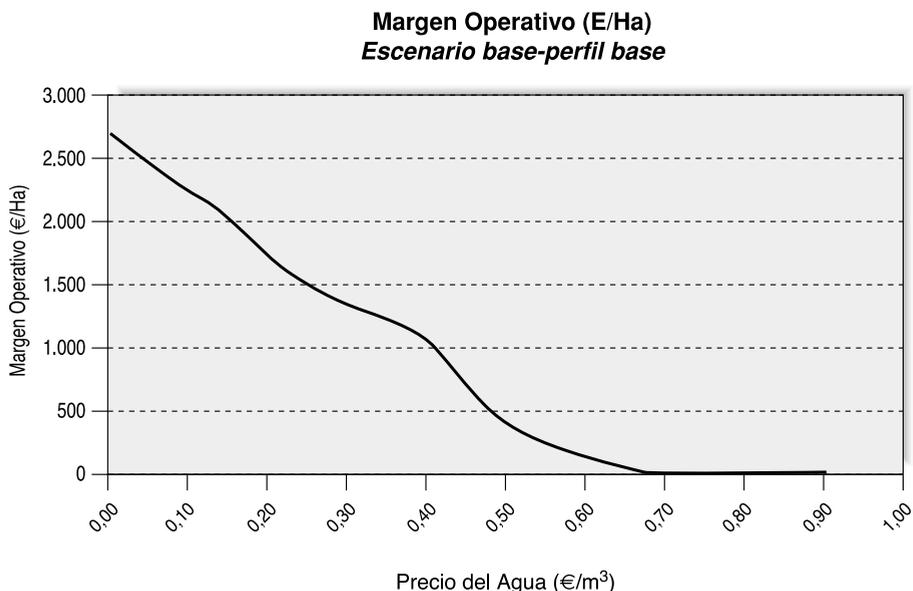
| Escenarios | Variables | Precios del agua (3/m3) | | | | | |
|--------------|---------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | 0,004 | 0,100 | 0,200 | 0,400 | 0,600 | 0,800 |
| Base | Agua (m ³ /ha) | 4.334 | 4.127 | 3.741 | 2.076 | 430 | 35 |
| | M.O (€/ha) | 2.708 | 2.262 | 1.781 | 1.064 | 211 | 45 |
| | Abandono (%) | 10,21 | 12,17 | 19,51 | 44,98 | 86,63 | 97,51 |
| Tendencial | Agua (m ³ /ha) | 4.491 | 4.493 | 3.940 | 216 | 78 | 5 |
| | M.O (€/ha) | 2.347 | 1.802 | 1.331 | 118 | 25 | 5 |
| | Abandono (%) | 15,27 23,37 | 32,75 | 93,79 | 98,91 | 99,74 | |
| Voluntarista | Agua (m ³ /ha) | 6.155 | 5.918 | 5.545 | 2.275 | 509 41 | |
| | M.O (€/ha) | 3.746 | 3.134 | 2.562 | 1.265 | 291 | 59 |
| | Abandono (%) | 14,42 | 16,57 | 19,38 | 58,56 | 89,16 | 98,11 |
| Pesimista | Agua (m ³ /ha) | 4.650 | 4.054 | 2.854 | 56 | 4 | 0 |
| | M.O (€/ha) | 1.961 | 1.441 | 911 | 41 | 5 | 0 |
| | Abandono (%) | 15,31 | 34,36 | 44,62 | 97,60 | 99,73 | 100,00 |

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, tal y como muestra el gráfico 4, el Margen Operativo, para el tramo de precios para los que la demanda de agua muestra una baja elasticidad (0,004-0,20 €/m³), presenta una elasticidad mucho más elevada con respecto al precio del agua; se reduce desde 2.708 €/ha hasta los 1.781 €/ha, lo que supone un 34,23 por ciento (ver gráfico 4).

Las elasticidades arco, que recoge el cuadro 13, permiten mostrar de forma cuantificada las diferencias tan acusadas que presentan las elasticidades respectivas del agua y del margen operativo respecto del precio del agua hasta que éste alcanza el nivel de la productividad marginal (0,20 €/m³). La baja elasticidad arco observada para el tramo de precios del agua comprendido entre 0 y 0,20 €/m³ permite afirmar que la elevación del coste medio actual (0,035 €/m³) repercutido a los regantes hasta niveles de la productividad marginal del agua (0,20 €/m³) serían irrelevantes en términos de ahorro de agua. Para el escenario base, por ejemplo, para el coste actualmente repercutido el modelo da una demanda de 4.296 m³/ha, que tan sólo se reduce a 3.793 m³/ha cuando se asigna al agua un precio de 0,21 €/m³; la reducción es, por tanto, de tan sólo un 12 por ciento. Sin embargo, la mayor elasticidad que presenta el margen operativo frente al precio del agua hace que la elevación de dicho precio sí que tenga efectos significativos sobre dicha variable, y por lo tanto, sobre

Gráfico 4



Fuente: Elaboración propia.

la renta de los regantes. Siguiendo con el ejemplo del escenario base, cuando se aumenta el precio del agua desde el nivel actual hasta los 0,20 €/m³, el margen operativo se reduce un tercio. En definitiva, que el escaso ahorro de agua se obtiene a costa de una dramática pérdida de renta.

Cuadro 13

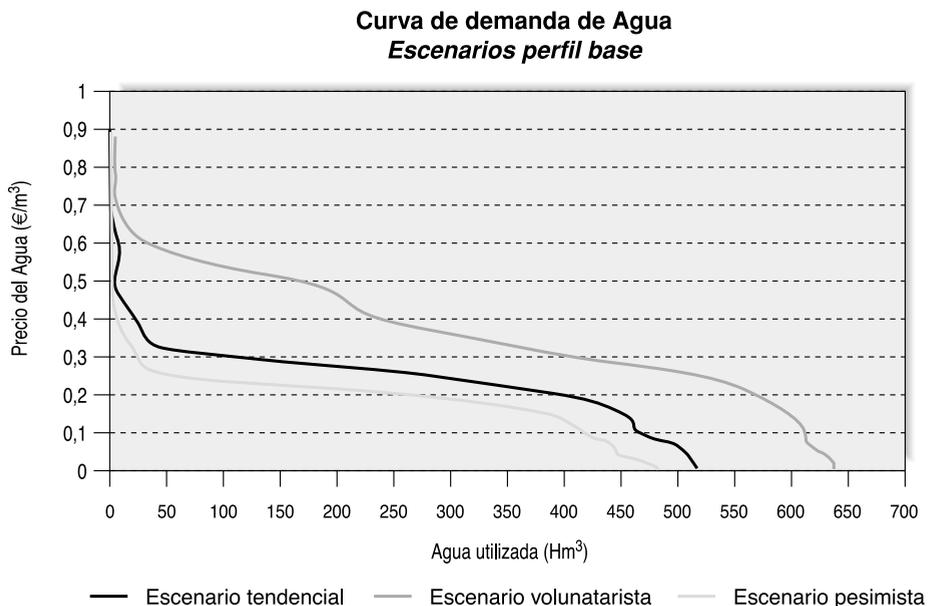
ELASTICIDADES ARCO DE LA DEMANDA DE AGUA Y DEL MARGEN OPERATIVO.
ESCENARIO BASE-PERFIL DECISOR BASE

| | Intervalos de precios del agua (€/m³) | | |
|------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | 0,004-0,20 | 0,20-0,60 | 0,60-0,80 |
| Agua | -0,08 | -1,59 | -5,95 |
| Margen Operativo | -0,21 | -1,58 | -4,54 |

Fuente: elaboración propia.

El gráfico 5 muestra que la demanda de agua sí que presenta diferencias significativas para los diferentes escenarios considerados en

Gráfico 5



Fuente: Elaboración propia.

el análisis (Tendencial, Voluntarista y Pesimista). Sin embargo, en todos ellos la demanda de agua sigue presentando una baja elasticidad frente a los precios, salvo que éstos superen los 0,20 €/m³.

La pérdida de renta de los agricultores, como consecuencia de la reducción de los márgenes operativos, no sólo es mucho más sensible a la elevación de los precios que la demanda de agua sino que, como puede apreciarse en el cuadro 12, también lo es el abandono del regadío que alcanza niveles indeseables a partir de los 0,20 €/m³ en todos los escenarios considerados.

Estos resultados son coherentes con los de la literatura revisada, y que ponen de manifiesto la escasa respuesta de la demanda de agua a la elevación de los precios. Estos mismos trabajos advierten de los efectos desfavorables en términos de renta agraria así como de la necesidad de mejorar la gestión del agua de riego por otras vías distintas que la de los precios.

Por otro lado, los resultados obtenidos también muestran que, ni siquiera en el escenario Voluntarista (17), que es el de mayor demanda de agua (636 hm³), se alcanzan los valores correspondientes a las

(17) Considera el horizonte de 157.414 ha de riego previstas por el Plan Foral de Regadíos.

disponibilidades de agua de riego consideradas en el modelo (729 hm³) ni mucho menos las calculadas a partir de la suma de las dotaciones asignadas a las diferentes zonas de riego y que suponen 810 hm³ (Riegos de Navarra, SA, 2009). Y eso, a pesar de que el modelo tiende a sobrevalorar el grado de intensificación productiva respecto de la realidad observable.

En efecto, los datos utilizados en el modelo econométrico, basados en la distribución de cultivos de 2006, conducen a un volumen de agua utilizada de 3.522 m³/ha (18), frente a los 4.296 m³/ha que da el modelo para el escenario base, considerando un precio equivalente al coste medio repercutido a los regantes excluidos costes de energía (0,035 €/m³).

Por tanto, la cantidad de agua realmente utilizada por los regantes en Navarra sería notablemente inferior a la que resulta de los cálculos habituales basados en las dotaciones. Esta menor utilización, que en todo caso quedaría por contrastar de forma empírica, está determinada por dos factores fundamentales. Uno, que las dotaciones no necesariamente se utilizan de forma íntegra, habiéndose constatado de hecho, a través de las encuestas, la existencia de zonas de riego en las que la insuficiencia de regulación y las deficiencias del servicio recibido impone severas restricciones en la disponibilidad de agua. El otro, que la eficiencia global a escala de cuenca, tiende a ser mayor de la que habitualmente se considera a escala de parcela y zona de riego como consecuencia de la reutilización de los retornos (19).

6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Los regantes de Navarra manifiestan una demanda fuertemente inelástica para el agua de riego hasta precios que alcanzan el nivel de la productividad marginal del recurso. La elevación de los precios del agua, desde el nivel actual hasta el de la productividad marginal, ocasionaría pérdidas de renta y abandono de superficies de riego inadmisibles, mientras que el ahorro de agua sería muy escaso. Así pues, para el agua del regadío de Navarra, no se cumple la condición de utilidad bajo la que la Directiva Marco del Agua invoca los precios como posible instrumento de interés para la gestión.

(18) Cifra muy alejada de los 7.071 m³/ha que supone la disponibilidad máxima media considerada en el modelo, o todavía más alejada de los 7.847 m³/ha que supone la dotación media.

(19) El concepto de «Retorno de riego» sólo se ha introducido en la planificación hidrológica a través de la reciente Instrucción de Planificación Hidrológica ARM/2656/2008.

El agua de riego, a diferencia de los bienes privados, presenta una elevada dificultad para la exclusión de los usuarios. Por otro lado, la elevada rivalidad de la que es objeto la diferencia de los bienes públicos. Siendo, por tanto, distinta de los bienes privados y de los públicos, debe conceptuarse como un bien «comunal» o común.

El paradigma neoclásico de los precios y del mercado de competencia perfecta no garantiza la utilidad y fiabilidad del análisis económico del agua de riego que requiere, de hecho, otro marco teórico alternativo. Éste debe tener en cuenta la verdadera naturaleza económica del agua de riego así como los procesos e instituciones específicas, distintas del mercado, cuyo funcionamiento eficaz resulta determinante para lograr una asignación eficiente del recurso. La multiplicidad y diversidad de objetivos e intereses determina la existencia de conflictos complejos cuya solución eficiente necesita, no sólo de la competencia, sino también de la cooperación entre todos los agentes implicados.

También es preciso afrontar las importantes lagunas de información estadística y técnica que existen en relación con el regadío. En particular, la cuantificación de la demanda agregada de los volúmenes de agua realmente utilizados por el regadío a escala regional y de cuenca. A pesar de su indudable importancia y trascendencia para la planificación hidrológica existe un profundo desconocimiento de estos volúmenes que suelen estimarse sobre la base de las dotaciones administrativas y sin tener en cuenta la reutilización de los retornos, lo que conduce, muy probablemente, a sobrevalorar el agua realmente utilizada por el regadío.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALÁ, F. y SANCHO, I. (2002): «Agua y producción agrícola: un análisis econométrico del caso de Murcia». *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 197: 129-157.
- BERBEL, J. *et al* (2005): «Herramienta para el análisis de escenarios de política en el regadío del Valle del Guadalquivir». *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 205: 65-98.
- BERBEL, J. y ORTEGA, J. M. (2007): «Método multicriterio para apoyo a la planificación hídrica». *Observatorio Medioambiental*, Vol. 10: 57-77.
- BLANCO FONSECA, M. (2002): *Análisis de políticas de modernización de regadíos en España: aspectos económicos e institucionales*. http://www.institucional.us.es/ciberico/archivos_acrobat/sevilla2blanco.pdf
- CARRARO, C. y SGOBBI, A. (2008): *Modelling negotiated decision making in environmental and natural resource management: a multilateral, multiple issues, non-cooperative, bargaining model with uncertainty*, FEEM nota di Lavoro 81.07 and CEPR Discussion Paper 6424; Forthcoming in *Automatica*.

- CEPAS, S. y DIOS, R. (1999): «Análisis de la función de producción agraria para distintos niveles de agregación». *Estudios de Economía Aplicada*, 12: 17-33.
- CHICA, C. (2008): *Estudio de la recuperación financiera de costes en el sistema Itoitz-Canal de Navarra*. Incluido en el Estudio de Impacto de la política de precios del agua en las zonas regables de Navarra y su influencia en la renta y el empleo agrario como consecuencia de la aplicación de la Directiva Marco 200/60/CE. Riegos de Navarra, S.A.
<http://www.riegosdenavarra.com/publica/publicaciones.htm#DM>
- CORNISH, G.; BOSWORTH, B.; PERRY, C. y BURKE, J. (2004): «Water charging in irrigated agriculture: an analysis of international experience». *FAO Water Report*, 28. FAO, Rome.
- FAO (2004): «Water charging in irrigated agriculture: an analysis of internal experience». *FAO Water Reports* 27. Rome.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. *et al* (2000): «Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua». *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 188: 67-92.
- (2002) (a): «La reforma de la PAC y la aplicación de la Directiva Marco del Agua: repercusiones sobre la agricultura de regadío». *Estudios de Economía Aplicada*.
- (2002) (b): «Políticas de tarificación y de ahorro de agua en el regadío. Análisis de su aplicación conjunta». *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 197: 63-104.
- (2005): «Los mercados del agua: análisis de los condicionantes para su correcto desarrollo en España». *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 206: 33-62.
- HUANG, Q. *et al* (2007): *Water price policy analysis in China. An experimental approach. Proposal to China's Ministry of Water Resources*.
- MOREU BALLONGA, J. L. (2008): *Dictamen jurídico sobre la incidencia de la Directiva Marco Europea del Agua en los regadíos de Navarra y sobre su actual régimen económico-financiero*. Incluido en el Estudio del impacto de la política de precios del agua en las zonas regables de Navarra y su influencia en la renta y el empleo agrario como consecuencia de la aplicación de la Directiva Marco 200/60/CE. Riegos de Navarra, S.A.
<http://www.riegosdenavarra.com/publica/publicaciones.htm#DM>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2005): *Valuing ecosystem services: toward better environmental decision-making*. Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems National Research Council.
- OSTROM, E.; GARDNER, R. y WALKER, J. (1994): *Rules, games, and common-pool resources*. Ann Arbor: University of Michigan Press. 360 pp.
- OSTROM, E. (1992): *Crafting Institutions for Self-Governing Irrigation Systems*. San Francisco: Institute for Contemporary Studies.
- RIEGOS DE NAVARRA, SA (2009): *Impacto de la política de precios del agua en las zonas regables de Navarra y su influencia en la renta y el empleo agrario como consecuencia de la aplicación de la Directiva Marco 200/60/CE*. Elaborado por

- Riegos de Navarra, S.A. con la asistencia técnica de Quasar Consultores, SA. <http://www.riegosdenavarra.com/publica/publicaciones.htm#DM>
- ROMERO, C. (1993): *Programación multicriterio*. Alianza Universidad. Madrid. 195 pp.
- (1997): *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Alianza Economía. Madrid. 2ª edición ampliada. 214 pp.
- SHANI, U. et al (2007): *Irrigation Production Functions with Water-Capital substitution*.
- SUMPSI, J. M. (1994): «El regimen económico-financiero del agua y la agricultura». *Revista de Estudios Agrosociales*, 167: 60-88.
- SUMPSI, S. M.; GARRIDO, A.; BLANCO, M.; VARELA, C. e IGLESIAS, E. (1998): *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. Coedición del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Mundiprensa. 351 pp.
- UNESCO (2003): *Water for people, water for life*. World water assessment programme. The United Nations World Water Development Report. Executive summary.
- WORLD BANK (2003): *International trends in water pricing and use*.
- YOUNG, R. A. (2005): *Determining the Economic Value of Water*. Concepts and Methods. Resources for the Future. Washington. 310 pp.

Anexo I

LISTA DE VARIABLES DEL MODELO MULTICRITERIO

- i: *Subíndice que hace referencia a los objetivos que pretenden optimizarse (varía entre 1 y 3)*
- j: *Subíndice que hace referencia a los cultivos (varía entre 1 y 41). Valores específicos importantes: j=40 (barbecho) y j=41 (abandono)*
- z: *Subíndice que hace referencia a las zonas a las que se refieren los datos y los resultados (entre 1 y 5)*
- g: *Subíndice que hace referencia a las diferentes tipologías de agricultores (P, M y G)*
- f_{izg} : *Función correspondiente al objetivo i para una determinada tipología de agricultores de una determinada zona de Navarra*
- X_j : *VARIABLES DE DECISIÓN (superficies de los cultivos)*
- F: *Representa el conjunto de restricciones bajo las que se lleva a cabo la optimización.*
- α_{1j} : *Suma de los costes unitarios medios de los cultivos relativos a semillas, plantas, agroquímicos, y otras materias primas en Navarra (€/ha). No incluye combustibles ni agua.*
- α_{2j} : *Varianza del Producto Bruto Unitario*
- α_{3j} : *Necesidades unitarias de Mano de Obra de los cultivos en Navarra (UTA/ha)*
- $(\alpha_{4j})^*$: *Producto Bruto Unitario Medio (Rendimiento x Precio) de cada cultivo en Navarra (€/ha). Media del período 2001-2006.*
- α_{4j} : *Ingresos brutos de explotación incluyendo subvenciones (€/ha)*
- α_{5jz} : *Necesidades netas de agua de riego del cultivo j en una determinada zona de Navarra (m³/ha)*
- α_{6jz} : *Subvenciones directas al cultivo j en una determinada zona de Navarra (m³/ha)*
- φ_z : *Eficiencia media de riego en una determinada zona de Navarra (por ciento)*
- S_z : *Superficie total de las tierras de regadío en una determinada zona de Navarra (ha)*
- UTA_z : *Mano de obra Disponible en una determinada zona de Navarra (UTA)*
- $DISAGUA_z$: *Agua disponible para riego en una determinada zona de Navarra (m³)*

| | |
|-------------------|--|
| K_{jz} | <i>Coficiente que hace referencia al carácter del cultivo dentro de la rotación (principal o segunda cosecha) para cada zona de riego.</i> |
| K_{bzg} | <i>Porcentaje de barbecho (referido a la superficie ocupada por los cultivos productivos)</i> |
| β_{jzMAX} | <i>Limitación máx de ocupación de los cultivos (agronómicas, comerciales u otras) (por ciento)</i> |
| β_{jzMIN} | <i>Limitación mins de ocupación de los cultivos (agronómicas, comerciales u otras) (por ciento)</i> |
| W_{izg} | <i>Ponderación del objetivo i considerada por la tipología de agricultor g en una determinada zona de Navarra (por ciento)</i> |
| HTM_j : | <i>Horas totales de maquinaria requeridas por el cultivo j en Navarra</i> |
| HLP_j : | <i>Horas de maquinaria en laboreo profundo requeridas por 1 ha del cultivo j en Navarra</i> |
| HLS_j : | <i>Horas de maquinaria en laboreo superficial requeridas por 1 ha del cultivo j en Navarra</i> |
| HOL_j : | <i>Horas de maquinaria en otras labores requeridas por 1 ha del cultivo j en Navarra</i> |
| CLP : | <i>Consumo unitario de combustible en labores profundas (l/hora)</i> |
| CLS : | <i>Consumo unitario de combustible en labores superficiales (l/hora)</i> |
| COL : | <i>Consumo unitario de combustible en otras labores (l/hora)</i> |
| θ_{zg} | <i>Proporción de superficie total de cultivo de riego que corresponde a cada tipología de agricultor en una determinada zona de Navarra (por ciento)</i> |
| σ_{zg} | <i>Proporción de mano de obra agrícola que corresponde a cada tipología de agricultor en una determinada zona de Navarra (por ciento)</i> |
| ε_j : | <i>Consumo de combustible asociado al cultivo j debido al uso de la maquinaria (kj/ha)</i> |
| Je : | <i>Precio de la electricidad (€/kj)</i> |
| Jp : | <i>Precio del combustible en Navarra (€/kj)</i> |
| P : | <i>Coste total imputado al agua de riego en Navarra, excluida la energía de elevación (€/m³)</i> |
| $PRECIO_j$: | <i>Precios de los productos asociados a los cultivos (€/kg)</i> |
| $ELEV_z$: | <i>Altura media de elevación de agua de riego con aporte de energía en cada zona de riego (m.d.c.a)</i> |
| $KJELEVH_1$: | <i>Energía de elevación de 1 m³ de agua de riego a 1,00 m de altura (kj/m³).</i> |

- KJELEV_z*: Consumo medio de energía para elevación de agua de riego en una determinada zona de Navarra (kJ/m^3)
- PDTO_{jz}*: Rendimiento unitario del producto principal asociado al cultivo *j* en cada zona (kg/ha)
- ACT1*: Factor de variación de las disponibilidades de mano de obra
- ACT2*: Factor de variación de las disponibilidades del agua de riego
- ACT3*: Factor de variación del precio del combustible agrícola
- ACT4*: Factor de variación de los ingresos de explotación asociados a los cultivos
- ACT5*: Factor de variación de los costes directos de los cultivos
- ACT6*: Factor de variación de la superficie de riego
- $(f_{\alpha\beta})_{izg}$: Elemento de la matriz de pago correspondiente al objetivo *i* para una determinada tipología de agricultores de una determinada zona de Navarra.
- $f_{izg} \odot$: Valor ideal (el mejor valor) de un determinado objetivo para una determinada tipología de agricultores de una determinada zona de Navarra.
- $f_{izg} \ominus$: Valor anti-ideal (el peor valor) de un determinado objetivo para una determinada tipología de agricultores de una determinada zona de Navarra.
- $I_{jz\text{MAX}}$: Porcentaje de ingresos máximos del cultivo *j* y de una determinada zona de Navarra

Anexo 2

CULTIVOS, NECESIDADES DE AGUA Y CONDICIONES TÉCNICAS DE RIEGO

| Cultivos | Necesidades netas de agua α_{5jz} (m ³ /ha.año) | | | | |
|------------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| 1: Trigo Blando | 691,34 | 846,33 | 1.084,04 | 1.947,90 | 2.450,90 |
| 2: Trigo Duro | 691,34 | 846,33 | 1.084,04 | 1.947,90 | 2.450,90 |
| 3: Cebada | 325,07 | 587,31 | 629,95 | 1.441,47 | 1.807,49 |
| 4: Maíz grano | 3.386,88 | 3.543,21 | 3.867,37 | 4.303,11 | 4.755,74 |
| 5: Arroz | 5.040,10 | 5.253,98 | 5.596,06 | 6.452,19 | 7.066,77 |
| 6: Alfalfa | 3.564,70 | 3.848,71 | 4.111,29 | 5.501,03 | 6.191,36 |
| 7: Maíz forrajero | 3.386,88 | 3.543,21 | 3.867,37 | 4.303,11 | 4.755,74 |
| 8: Pasto | 3.198,38 | 3.459,11 | 3.695,32 | 5.014,06 | 5.680,05 |
| 9: Girasol | 1.827,30 | 2.013,92 | 2.124,11 | 2.698,98 | 3.094,34 |
| 10: Patata | 2.445,66 | 2.493,80 | 2.839,97 | 3.381,26 | 3.893,37 |
| 11: Cebolla | 3.914,58 | 4.133,59 | 4.399,09 | 5.313,33 | 5.980,54 |
| 12: Puerro | 3.914,58 | 4.133,59 | 4.399,09 | 5.313,33 | 5.980,54 |
| 13: Espárrago | 2.912,94 | 3.117,94 | 3.303,47 | 3.861,35 | 4.279,72 |
| 14: Acelga | 1.317,36 | 1.484,71 | 1.354,25 | 1.969,57 | 2.150,81 |
| 15: Escarola | 1.343,67 | 1.499,56 | 1.402,60 | 1.759,76 | 1.916,95 |
| 16: Espinaca | 1.255,40 | 1.409,10 | 1.304,38 | 1.658,22 | 1.809,07 |
| 17: Lechuga | 1.343,67 | 1.499,56 | 1.402,60 | 1.759,76 | 1.916,95 |
| 18: Cardo | 1.719,13 | 1.969,58 | 1.986,80 | 3.072,71 | 3.633,84 |
| 19: Alcachofa | 2.462,33 | 2.737,74 | 2.876,99 | 4.478,41 | 5.323,28 |
| 20: Brócoli | 1.267,05 | 1.432,95 | 1.301,19 | 1.898,35 | 2.076,82 |
| 21: Coliflor | 1.292,04 | 1.334,93 | 1.565,11 | 2.262,88 | 2.699,62 |
| 22: Berenjena | 3.379,87 | 3.532,40 | 3.856,46 | 4.295,52 | 4.749,70 |
| 23: Guisante | 3.115,38 | 3.371,85 | 3.514,80 | 4.556,17 | 5.162,17 |
| 24: Haba | 750,67 | 909,72 | 1.056,31 | 1.851,55 | 2.239,03 |
| 25: Judía Verde | 750,67 | 909,72 | 1.056,31 | 1.851,55 | 2.239,03 |
| 26: Melón | 3.263,25 | 3.437,10 | 3.720,20 | 4.234,52 | 4.705,04 |
| 27: Pimiento M. Luesia | 3.770,75 | 3.995,22 | 4.222,77 | 4.828,91 | 5.286,62 |
| 28: Pimiento piquillo | 3.770,75 | 3.995,22 | 4.222,77 | 4.828,91 | 5.286,62 |
| 29: Tomate Industria | 3.379,87 | 3.532,40 | 3.856,46 | 4.295,52 | 4.749,70 |
| 30: Tomate Plaza | 3.379,87 | 3.532,40 | 3.856,46 | 4.295,52 | 4.749,70 |
| 31: Maíz dulce | 2.862,98 | 3.000,34 | 3.296,83 | 3.637,15 | 4.010,03 |
| 32: Cerezo | 3.031,32 | 3.244,08 | 3.448,69 | 4.450,40 | 5.091,42 |
| 33: Ciruelo | 3.031,32 | 3.244,08 | 3.448,69 | 4.450,40 | 5.091,42 |
| 34: Manzano | 3.232,64 | 3.447,54 | 3.647,09 | 4.462,49 | 5.014,17 |
| 35: Melocotón | 2.889,63 | 3.107,73 | 3.273,74 | 4.046,06 | 4.574,48 |
| 36: Peral | 3.232,64 | 3.447,54 | 3.647,09 | 4.462,49 | 5.014,17 |
| 37: Olivo | 243,83 | 457,16 | 459,18 | 1.182,77 | 1.686,96 |

Anexo 2 (Cont.)

CULTIVOS, NECESIDADES DE AGUA Y CONDICIONES TÉCNICAS DE RIEGO

| Cultivos | Necesidades netas de agua α_{5jz} (m ³ /ha.año) | | | | |
|------------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| 38: Vid (*) | 997,33 | 1.038,73 | 1.272,10 | 1.480,49 | 1.725,54 |
| 39 Almendro | 3.031,32 | 3.244,08 | 3.448,69 | 4.450,40 | 5.091,42 |
| 40: Barbecho | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 41: Abandono | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Otros datos | | | | | |
| Eficiencia de riego (σz) | 79,62 | 77,78 | 77,14 | 77,05 | 75,86 |
| Altura de elevación (m) | 30,92 | 39,01 | 4,74 | 30,00 | 20,06 |

Fuente: elaboración propia a partir de la información facilitada por Riegos de Navarra referida a necesidades netas de los cultivos para los diferentes observatorios meteorológicos de la Comunidad Foral. A cada comarca se le ha asignado la media correspondiente a los observatorios existente en la misma.

RESUMEN

Evaluación de la política de precios del agua de riego. Evidencias empíricas en Navarra

El carácter comunal del agua de riego hace que su asignación eficiente no se produzca a través del mercado sino mediante otro tipo de instituciones más específicas. Éstas logran su eficacia integrando la negociación y la cooperación entre los agentes implicados y dando cabida a sus múltiples objetivos y diversidad de intereses. Por tanto, el paradigma neoclásico de los mercados de competencia perfecta no asegura las garantías de fiabilidad y utilidad deseables para el análisis económico del agua de riego. Por ello, se aboga por otro marco teórico alternativo que, resolviendo controversias, sea plenamente aceptado y represente mejor los verdaderos mecanismos que determinan la asignación eficiente del recurso.

PALABRAS CLAVE: agua de riego, regadío, precios del agua, bienes comunales, multicriterio, función de producción agregada.

SUMMARY

Evaluation of irrigation water pricing policy. Empirical evidences in Navarra

As a result of the communal character of irrigation water, the efficient allocation of water does not occur through the market, but through the effective operation of other specific institutions. These achieve their efficiency by integrating the cooperation and negotiation of the agents involved, allowing the match between their multiple objectives and interests. Therefore, the neoclassical paradigm of perfectly competitive markets does not ensure the reliability and utility guarantees desirable for economic analysis of irrigation water. Thus, there is a need of an alternative theoretical framework that, resolving disputes, can be fully accepted and can better represent the real mechanisms that determine the efficient allocation of this resource.

KEYWORDS: Irrigation water, irrigation, water pricing, common goods, multicriteria, Aggregate Production Function.

