



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

## Análisis multicriterio de preferencias sociales en gestión hídrica bajo la Directiva Marco del Agua

P. Mesa<sup>a</sup>, J. Martín-Ortega<sup>b</sup> y J. Berbel<sup>b</sup>

**RESUMEN:** Este trabajo pretende contribuir a la aplicación de la DMA en relación con la selección de medidas para el uso sostenible y socialmente aceptado del agua. Nuestro análisis está orientado a la obtención, mediante el proceso analítico jerárquico (AHP), de la valoración social de los criterios de gestión del agua en el Guadalquivir, analizando para ello la legitimidad de la ampliación del embalse de la Breña (Córdoba), además de la evaluación de otras posibles medidas de gestión del agua. Los resultados sugieren que el AHP constituye una herramienta adecuada para la implementación de la DMA, así como un complemento útil del análisis coste-eficacia.

**PALABRAS CLAVE:** Directiva Marco del Agua, gestión hídrica, método de Jerarquías Analíticas, multicriterio.

**Clasificación JEL:** Q25.

### Multicriteria analysis of water management under the Water Framework Directive

**SUMMARY:** This work aims to contribute to the implementation of the WFD with regard to the selection of the measures for a sustainable and socially accepted water management. A multicriteria decision support exercise is applied to the Guadalquivir River Basin in order to test the applicability of the Analytic Hierarchy Process in the new WFD context. A survey was carried out in the context of a future enlargement of La Breña reservoir (Córdoba). This analysis aims to obtain the public's weight of the criteria in water management, in order to assess the legitimacy of the reservoir enlargement, as well as other management measures. Results suggest that the AHP is an adequate tool for the WFD purposes and a useful complement for the cost-effectiveness analysis.

**KEYWORDS:** Water Framework Directive, water management, Analytic Hierarchy Process, multicriteria.

**JEL classification:** Q25.

<sup>a</sup> Ayesa.

<sup>b</sup> Departamento de Economía, Sociología y Política agrarias. Universidad de Córdoba.

*Agradecimientos:* La financiación de la encuesta se llevó a cabo gracias a los fondos del proyecto CICYT 300083-AGR2006 financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Agradecemos al Dr. José Antonio Gómez-Limón del área de Economía Agraria de la E.T.S. Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid) por sus consejos y ayuda en relación a este trabajo; así como a los revisores anónimos que han contribuido con sus comentarios a la mejora del mismo.

*Dirigir correspondencia a:* Julia Martín-Ortega. E-mail: es2maorj@uco.es

Recibido en septiembre de 2007. Aceptado en mayo de 2008.

## 1. Análisis multicriterio y gestión hídrica en el contexto de la DMA

### 1.1. *La gestión hídrica en la DMA: análisis coste eficacia*

El artículo 11 de la Directiva Marco de Aguas (DMA) establece que los Estados Miembros deben velar porque se establezca para cada demarcación hidrográfica un Programa de Medidas, teniendo en cuenta los resultados de la caracterización económica según el artículo 5, con el fin de alcanzar los objetivos de buen estado ecológico prescritos por la norma europea. Cada programa de medidas incluirá las medidas básicas y, cuando sea necesario, medidas complementarias, cuyo objetivo debe ser la gestión sostenible del recurso.

Para la elaboración del Programa de Medidas y según se recomienda en la guía elaborada para la implementación de los aspectos económicos de la DMA, WATECO (Comisión Europea, 2003), la DMA prescribe el análisis coste-eficacia como herramienta de evaluación de dichas medidas.

El análisis coste-eficacia es una variante al análisis coste-beneficio, siendo su objetivo, según Ceña Delgado y Romero (1982), el de canalizar los recursos hacia las actividades preferidas por la sociedad, es decir, hacia aquellos proyectos que maximicen el bienestar social, entendido éste como la agregación del bienestar individual. El principio sobre el que subyace el análisis coste-beneficio es el de compensación, introducido por Kaldor y Hicks como contribución al principio de optimalidad paretiana. Según este principio, una situación A será preferible a otra B cuando los individuos que resultan beneficiados pueden compensar a los que resultan perjudicados con el cambio. Traducido en términos de costes y beneficios, una situación A será preferible a otra B si los beneficios monetarios de los que ganan superan a los costes de los que pierden y por tanto, éstos pueden ser (hipotéticamente) compensados, de modo que el cambio puede (potencialmente) desembocar en una ganancia neta que se conoce como beneficio social neto. Este criterio, en esencia, requiere que el cambio del bienestar de los individuos sea medido por lo que están dispuestos a pagar por los beneficios del proyecto (o por las cantidades que estarían dispuestos a aceptar como compensación por los daños).

En este tipo de análisis, los beneficios de una acción son estimados y comparados con los costes totales a los que la sociedad tendrá que hacer frente si la acción se lleva a cabo. En el caso de la contaminación del agua por ejemplo, supondría la comparación entre los costes de control de la contaminación (recogida y tratamiento de aguas) con los costes del daño ambiental evitado. Field y Field (2002) nos recuerdan que este tipo de análisis fue utilizado por primera vez a principios del siglo XX, en Estados Unidos, precisamente para la evaluación de proyectos hidrológicos, sistematizándose su utilización a partir de los años cincuenta.

En el contexto de la implementación de la DMA, al estar definida la meta de dicha política (consecución del buen estado ecológico de las aguas), tiene más sentido el análisis coste-eficacia, en el que se comparan los costes de las distintas maneras de proveer el mismo resultado beneficioso.

Además, el análisis coste-beneficio encuentra también su rol en la evaluación de los costes desproporcionados para la posible derogación de los objetivos de la Directiva<sup>1</sup>.

Conviene señalar en este punto que los avances de los Estados Miembros en la aplicación de esta herramienta económica en la implementación de la DMA es irregular según los distintos países, y está basada en enfoques distintos. Para consultar estos avances se recomienda la lectura de los informes de Trémolet Consulting (2006) y Risk Policy Analyst Ltd (2004) para la DEFRA británica.

## 1.2. Gestión hídrica y participación pública

La gestión de los recursos hídricos consiste en la gestión para el equilibrio entre el abastecimiento de agua y su demanda, siendo que, generalmente, esta demanda es mayor precisamente en momentos de menor precipitación. De acuerdo con Green (2003), la gestión de recursos hídricos debe responder a la elección entre dos estrategias: a) el aumento de la oferta y b) la reducción de la demanda a través de una mayor eficiencia en el uso de los recursos existentes. Para el autor, la elección de la estrategia más apropiada dependerá de las circunstancias locales, pero, en los países desarrollados parece imponerse la necesidad de orientarse hacia el segundo tipo de políticas. Esto es válido también para España, donde el modelo tradicional de política hidráulica, que ha constituido un elemento clave del desarrollo económico, parece haberse agotado (Sáenz de Miera, 2002). De este modo, en los últimos años se ha producido un proceso de transformación del enfoque de las políticas de gestión del agua, basado en la consideración de la necesidad de tránsito de una política de oferta a una política de demanda.

Los conflictos ambientales, entre ellos los relativos al agua, se caracterizan por la interacción de la complejidad ecológica y social. Uno de los principales mecanismos para abordar los conflictos ambientales atendiendo a su complejidad social es la participación pública. La participación se entiende en este sentido como los foros de intercambio organizados con el propósito de facilitar la comunicación entre el gobierno, los ciudadanos, los agentes implicados, los grupos de interés y negocios en relación con una decisión o problema específico (Renn *et al.*, 1995).

En este sentido, la DMA tiene entre sus funciones adicionales la de aumentar la transparencia y la legitimidad de la gestión del agua y ofrecer cauces de diálogo entre usuarios que faciliten la resolución de conflictos. La Directiva promueve una activa participación pública y define un marco institucional que permita la coordinación de las medidas que propugna con las previstas en otros tipos de gestión, como la territorial.

Desde hace tiempo se vienen poniendo de manifiesto dudas sobre si los procedimientos tradicionales de toma de decisión pueden responder satisfactoriamente a estas nuevas necesidades derivadas de la interacción social y ecológica (Martín-Ortega y

<sup>1</sup> El artículo 4 de la DMA, en el que se fijan los objetivos ambientales de la norma, permite la derogación de dichos objetivos cuando éstos no pueden conseguirse por motivos de viabilidad técnica o costes desproporcionados. Será necesario realizar análisis coste-beneficio en el que se incluyan los costes y beneficios sociales *completos* asociados con las medidas.

Berbel, 2006). Wittmer *et al.* (2006) encuentran en la combinación de los mecanismos de participación pública y las técnicas de decisión multicriterio, nuevas posibilidades para la definición de mejores estrategias de resolución de conflictos ambientales.

En lo que se refiere al agua, Perry *et al.* (1997) consideran que la política de aguas debe formularse en términos de decisión multiobjetivo, reconociéndose que la importancia de sus distintos valores es susceptible de variar sustancialmente en condiciones de tiempo y espacio distintas. Para Wittmer *et al.* (2006) el soporte multicriterio, aunque no necesariamente implica una participación pública en la decisión, sí es flexible y queda abierto a la misma. En lo relativo a la gestión del agua en el contexto de la DMA, Menéndez Prieto (2004) propone explícitamente el análisis multicriterio, que se presta, según el autor, a una eficaz participación pública.

### 1.3. *Propuesta multicriterio*

La línea de trabajo que la DMA deja abierta, pues, de forma natural tras la caracterización económica de la Demarcación, es el análisis coste-eficacia de las medidas de gestión del recurso para la elaboración del Programa de Medidas. No obstante y teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, consideramos que debe irse, en un contexto científico, más allá del mero análisis coste-eficacia y proponemos un primer acercamiento a través de la utilización de técnicas de análisis multicriterio como mecanismos de legitimación social de las medidas que integren dicho Programa. De hecho, los primeros estudios de coste-eficacia de las medidas que se han llevado a cabo en algunos de los países pioneros en la aplicación de la DMA han puesto de manifiesto que son necesarias técnicas más complejas en las que debe tenerse en cuenta la asignación de preferencias (Trémolet Consulting, 2006).

De este modo, el presente trabajo propone un ejercicio de valoración multicriterio aplicado a este contexto y que debe entenderse como un primer paso en la línea de utilización de técnicas multicriterio a la aplicación de la DMA, en las que se incluyen las preferencias sociales como «input» para la toma de decisiones.

El llamado paradigma decisional multicriterio aparece en la década de los 70, ofreciendo, frente al normativismo en que se apoya en su mayor parte la teoría económica, especialmente la de raíz microeconómica, un enfoque positivo o empírico, revolucionando el campo de la teoría de la decisión (Romero, 1993). El supuesto de partida de los enfoques multicriterio es que los agentes económicos toman sus decisiones en función de varios objetivos (no uno solo, como podría ser el beneficio o la utilidad), que incluso pueden estar en conflicto entre sí, de manera que la decisión óptima será aquella que satisfaga en lo posible una serie de metas asociadas a dichos objetivos.

Desde los años setenta, fundamentalmente desde Estados Unidos se ha venido poniendo de manifiesto e implementando la necesidad de una planificación multiobjetivo de la gestión hídrica. Cohon y Marks (1975) revisaron y evaluaron, en un trabajo muy ampliamente referenciado en la literatura internacional, las técnicas de programación multiobjetivo en cuanto a su desarrollo y potencial de aplicación en la gestión de los recursos hídricos. También respecto a la gestión del agua, Hipel (1992) apuntaba ya necesidad de desarrollar un amplio rango de técnicas multicriterio para su empleo

en la toma estratégica de decisiones. Lee y Wen (1996) referencian por su parte numerosos estudios sobre la programación en la gestión de los recursos hídricos.

## **2. Análisis multicriterio en la gestión hídrica**

### **2.1. Objetivos**

El objetivo general de esta investigación es el análisis multicriterio de las medidas de gestión del agua en el entorno del embalse de La Breña en aplicación de la DMA, para observar, mediante un mecanismo flexible a la participación pública, la legitimidad de las medidas de gestión hídrica en una demarcación como la del Guadalquivir, con particulares problemas de escasez de agua y competencia intra e inter-uso, y en un contexto de particular sensibilidad, por la existencia del proyecto de ampliación de un embalse (la Breña II, Almodóvar del Río en Córdoba). Este objetivo general se concreta a través de una serie de objetivos específicos que son: a) valoración de los criterios de decisión en las medidas de gestión del agua, b) estudio del respaldo social a la ampliación del embalse de La Breña y c) análisis de la utilidad de la metodología AHP como instrumento abierto a la participación pública en la planificación hídrica en el contexto de la implementación de la DMA.

Para ello, nos basaremos en la Teoría de la Decisión Multicriterio y concretamente utilizaremos el instrumento conocido como Proceso Analítico Jerárquico (AHP), diseñado por Saaty (1980) y consistente en la cuantificación de opiniones cualitativas de distinta naturaleza. Este método permite obtener medidas del valor relativo de cada uno de los criterios que intervienen en la toma de decisiones. Es una técnica flexible de la decisión multicriterio, y es aplicable tanto a un decisor individual, como a una decisión en grupo. El AHP organiza problemas complejos utilizando un esquema jerárquico de tres niveles: propósito del análisis, criterios de decisión y alternativas de actuación.

### **2.2. Metodología**

La metodología AHP se ha utilizado con anterioridad en la toma de decisiones en el contexto de la planificación de los recursos naturales. Encontramos ejemplos de su aplicación en la valoración de ecosistemas forestales, en los trabajos de Reyna Doménech y Cardells Romero (1999). En Alphonse (1997) se ilustra el uso del AHP en distintas áreas de decisión relativas a la agricultura en países en vías de desarrollo.

En un ámbito de mayor carácter agrario, Gómez-Limón y Atance (2004) analizan, para la Comunidad Autónoma de Castilla y León, la importancia relativa que la sociedad en su conjunto concede a las distintas razones por las que la PAC respalda el apoyo público al sector agrario, evidenciando sus resultados un carácter subóptimo en las políticas aplicadas. Calatrava, Parra y Haro (2004) desarrollan un modelo AHP, alimentado mediante entrevistas a 20 expertos en olivar para determinar, de entre los principales tres sistemas de cultivo del olivar existentes en Andalucía (ecológico, integrado y convencional), aquel o aquellos que tienen más valor a medio-largo plazo

para el conjunto de la sociedad. Aznar y Estruch (2006) abordan la tarea de estimar un indicador de valor económico total (VET) del Parque Natural del Alto Tajo, utilizando las técnicas AHP y programación por metas (GP), propuesta por Linares y Romero (2002).

De manera específica en el ámbito que nos ocupa, son escasas las referencias que encontramos en la literatura relativas a la aplicación de la herramienta analítica jerárquica al caso de la gestión hídrica en general, e inexistentes en nuestro país. Srdjevic *et al.* (2002) desarrollan un proceso de tres fases para evaluar las estrategias de gestión del agua en las cuencas fluviales, tomando como ejemplo la del río Paraguacu en Brasil. Mediante AHP se elige el más adecuado entre varios planes de gestión elaborados teniendo en cuenta los plazos corto, medio y largo. Por otro lado, Jaber y Mohsen (2002) proponen un sistema de apoyo a la decisión para la evaluación y selección de fuentes de recursos hídricos no convencionales en el río Jordán. En la citada revisión de las técnicas de programación multiobjetivo de Cohon y Marks (1975), los autores encuentran que el empleo de los métodos de generación de pesos, como es el AHP, es satisfactorio cuando existen menos de cuatro objetivos.

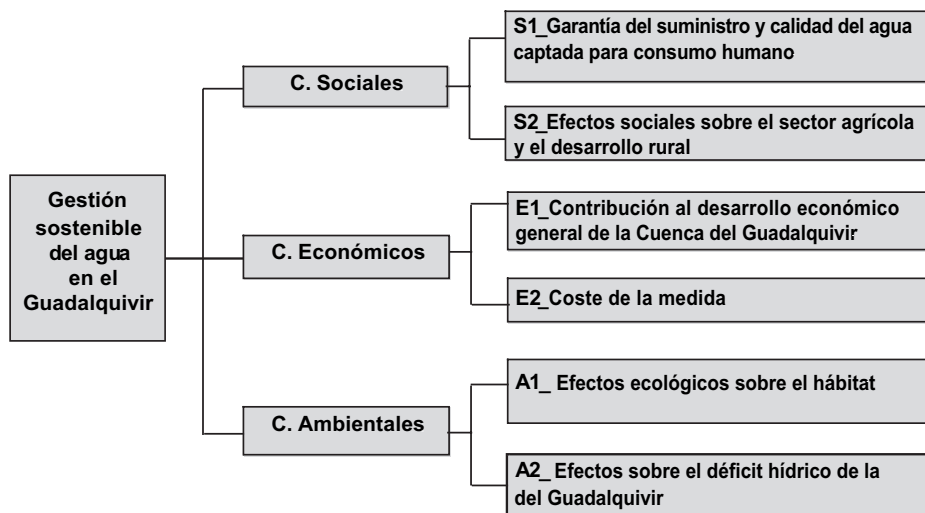
Describiendo brevemente la metodología utilizada en el presente trabajo, diremos que, en primer lugar se ha desarrollado el método AHP para determinar el valor concedido por la sociedad a los distintos criterios implicados en la gestión del agua, basándonos en encuestas a la población en los términos municipales de Almodóvar del río y Córdoba. En segundo lugar, y también mediante la metodología AHP, se ha valorado el impacto de varias alternativas de gestión hídrica sobre los anteriores criterios componentes de la misma. Esta segunda valoración se ha basado en un cuestionario realizado a expertos en áreas relacionadas con la investigación y la gestión hídrica. La conjugación de las dos valoraciones anteriores nos ha proporcionado el «ranking» u orden de prioridades de las alternativas de gestión del agua según la preferencia o utilidad social.

El primer paso del método analítico jerárquico (AHP) consiste en descomponer el problema o la situación a definir en tantos niveles como sea necesario, estableciendo así la jerarquía analítica del caso. Como muestra el Gráfico 1, en nuestro caso de estudio, se ha elaborado una jerarquía analítica para la gestión del agua con tres criterios genéricos de decisión: criterios sociales, económicos y ambientales, que a su vez se dividen en un total de seis subcriterios que se enumeran a continuación. La elección de estos criterios y subcriterios es el resultado de un proceso constituido por: i) una consulta informal a expertos académicos del sector, ii) un *focus group* formado por público general y iii) dos encuestas piloto (de 15 y 30 entrevistas respectivamente). Durante la consulta a expertos se completó una lista detallada de posibles criterios; el grupo de discusión sirvió para identificar los criterios socialmente relevantes, y durante los dos pre-test se consiguió una definición comprensible de los mismos por parte del público general.

Como subcriterios de carácter social, se consideran: «la garantía del suministro y calidad del agua captada para consumo humano», que haría referencia al agua disponible para la población en los hogares; y, en segundo lugar, el que hemos llamado «efectos sociales sobre el sector agrícola y el desarrollo rural», como podrían ser, por



GRÁFICO 1  
Jerarquía analítica para la gestión del agua en el Guadalquivir



Fuente: Elaboración propia.

ejemplo, los efectos beneficiosos que sobre las poblaciones ejerce la implantación de regadíos.

Los subcriterios de carácter económico elegidos, han sido: por una parte, la «contribución al desarrollo económico general de la Cuenca del Guadalquivir»; y, por otra, el «coste de la medida» de gestión hídrica de que se trate.

Como subcriterios de carácter ambiental, se han considerado: los «efectos ecológicos sobre el hábitat», que incluyen toda clase de contaminación, así como la deforestación, inundación, y cualquier otro daño al medio ambiente; y los «efectos sobre el déficit hídrico de la Cuenca del Guadalquivir», subcriterio que hace referencia al mantenimiento de un caudal ecológico mínimo en los ríos de la cuenca, necesario para que la flora y fauna naturales no se vean afectadas.

Una vez establecida la jerarquía, el segundo paso del AHP consiste en la comparación, por parte del agente que deba tomar las decisiones, de los elementos incluidos en cada nivel jerárquico, dos a dos, mediante la escala creada por Saaty (Cuadro 1). Es decir, a través del cuestionario, se recogen de cada encuestado 6 opiniones cualitativas, consistentes en comparaciones entre pares de criterios y subcriterios relativos a las medidas de gestión del agua, a las que asignaremos un valor mediante la escala de Saaty. El encuestado elige entre cada par de elementos aquél que juzga más importante, expresando a la vez cuánto más importante le parece.

La escala de Saaty es una escala verbal que transforma juicios semánticos en valores numéricos. En el ejemplo que ilustra el Cuadro 2, el encuestado debe señalar si juzga más importantes los criterios de carácter social o los de carácter económico. Si



CUADRO 1  
Escala básica de comparación por pares en AHP

Grado	Definición
1	Ambos criterios tienen la <i>misma</i> importancia
3	El criterio preferido tiene una importancia <i>ligeramente superior</i> al otro
5	El criterio preferido tiene una importancia <i>moderadamente superior</i> al otro
7	El criterio preferido tiene una importancia <i>muy superior</i> al otro
9	El criterio preferido tiene una importancia <i>absoluta</i> respecto al otro

Fuente: Saaty (1980).

considera que los criterios sociales son moderadamente más importantes que los criterios económicos, la escala transforma en número (en este caso el número 5) este juicio verbal.

CUADRO 2  
Ejemplo de comparación de pares de criterios

Elementos a comparar	Escala de Saaty
Criterios de carácter social	1 – 3 – <u>5</u> – 7 – 9
Criterios de carácter económico	1 – 3 – 5 – 7 – 9

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, deberá comparar por el mismo sistema los pares de subcriterios sociales, económicos y ambientales. Cada una de las cifras resultantes de dichas comparaciones, formará parte de una matriz de comparación de pares, que cumple unas propiedades matemáticas determinadas, siendo la más evidente, la de ser simétrica respecto a su diagonal principal (condición impuesta *a priori* por Saaty como un axioma del AHP). Se obtendrá una de estas matrices para cada una de las subdivisiones consideradas en la jerarquía.

Cada comparación  $a_{ij}$  entre elementos, responde implícitamente a la relación entre los pesos concedidos por el decisor a dichos elementos ( $w_i/w_j$ ) respecto al nivel jerárquico a que pertenezcan. En el cuestionario destinado a esta investigación, se requirieron de cada decisor (en este caso, los encuestados) un total de 6 comparaciones por pares. Como resultado de estas 6 comparaciones pueden formarse 4 matrices de comparación de pares: 3 de ellas, de dimensión  $2 \times 2$ , de comparaciones entre subcriterios y una  $3 \times 3$ , de comparación entre criterios. De forma esquemática, siendo  $w_{soc}$ ,  $w_{eco}$  y  $w_{amb}$  los pesos concedidos a cada uno de los tres criterios genéricos, y  $w_{si}$ ,  $w_{ei}$  y  $w_{ai}$  (con  $i = 1, 2$ ), los concedidos a los correspondientes subcriterios, podríamos representar la información obtenida de cada encuesta de la forma mostrada en las expresiones [1] a [4].

$$\begin{pmatrix} \frac{W_{soc}}{W_{soc}} & \frac{W_{soc}}{W_{eco}} & \frac{W_{soc}}{W_{amb}} \\ \frac{W_{eco}}{W_{soc}} & \frac{W_{eco}}{W_{eco}} & \frac{W_{eco}}{W_{amb}} \\ \frac{W_{amb}}{W_{soc}} & \frac{W_{amb}}{W_{eco}} & \frac{W_{amb}}{W_{amb}} \end{pmatrix} \quad [1]$$

$$\begin{pmatrix} \frac{W_{s1}}{W_{s1}} & \frac{W_{s1}}{W_{s2}} \\ \frac{W_{s2}}{W_{s1}} & \frac{W_{s2}}{W_{s2}} \end{pmatrix} \quad [2]$$

$$\begin{pmatrix} \frac{W_{e1}}{W_{e1}} & \frac{W_{e1}}{W_{e2}} \\ \frac{W_{e2}}{W_{e1}} & \frac{W_{e2}}{W_{e2}} \end{pmatrix} \quad [3]$$

$$\begin{pmatrix} \frac{W_{a1}}{W_{a1}} & \frac{W_{a1}}{W_{a2}} \\ \frac{W_{a2}}{W_{a1}} & \frac{W_{a2}}{W_{a2}} \end{pmatrix} \quad [4]$$

Así pues, se procede, en tercer lugar a obtener los pesos relativos de los elementos en cada nivel de la jerarquía. Se ha seguido para ello el método del vector propio (eigenvector), propuesto por Saaty y Kearns (1985). La suma de pesos obtenidos por este método para cualquiera de los niveles (propósito, criterios y subcriterios) de la jerarquía debe ser igual a la unidad; no ocurrirá así en el caso de las alternativas (aunque eso es lo habitual en AHP), como se explica más adelante.

Por último, se desarrollan, como se describe en el apartado de resultados, los cálculos necesarios para estimar el grado real de consistencia que acompaña a los juicios del decisor, exigiéndose un nivel mínimo de consistencia para la aceptación de dichos juicios emitidos en forma de comparaciones de elementos.

Conviene señalar en este punto que evidentemente el método AHP no está exento de limitaciones.

### 2.3. Limitaciones del AHP

El método analítico jerárquico ha sido criticado por varias razones. En primer lugar, existe controversia en torno al no cumplimiento del axioma de las alternativas irrelevantes, lo que se conoce como «rank reversal» (al introducir una nueva alternativa, los «rankings» de las alternativas se invierten) (Berton y Gear, 1983). Honert y Lootsma (1996) demuestran cómo la variante multiplicativa de AHP original (que utiliza la media geométrica como método de agregación y que es la que se aplica en esta investigación) cumple los axiomas tanto de optimalidad de Pareto como de la independencia de las alternativas irrelevantes.

Por otra parte, el AHP también puede ser criticado por la naturaleza subjetiva del proceso de modelización que es, en cualquier caso, inherente a la resolución de problemas sociales y/o morales. Además, hay que tener en cuenta que en el AHP, al menos en la variante más sencilla, que es la utilizada en este trabajo, subyace una estructura aditiva de las preferencias individuales. En este sentido, el AHP como el resto de

técnicas que intentan modelizar la opinión social, no puede garantizar decisiones «correctas» o «universales», pero sí puede ayudar al planificador a mejorar las decisiones y acercarse al consenso (Millet, 1998).

### 3. Caso de estudio

Con una población superior a los 5 millones de habitantes, el conjunto de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate ocupa una superficie de 63.972 km<sup>2</sup>, El 90% del cual pertenece a Andalucía, y supone el 67% del territorio andaluz. El consumo de agua bruto estimado en 2002, cuya distribución por sectores se muestra en el Cuadro 3, fue de 3.949 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone el 48,9% de los recursos renovables totales contabilizados, previéndose, de continuar la misma tendencia histórica, que dicho consumo aumente hasta el 51,9% en el año 2015 (Martín-Ortega *et al.*, 2008), (Berbel y Gutiérrez, 2004).

CUADRO 3  
Resumen del consumo de agua en la  
Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (2002)

Sector	hm <sup>3</sup>	% sobre total
Agricultura (*)	3.366	85%
Ganadería (*)	48	1%
Urb-Domést	415	11%
Urb-Industrial	98	2%
Turismo	22	1%
Total	3.949	100%

(\*) Cifras de agricultura y ganadería para año 2001.

Fuente: Informe Artículo 5 DMA. [www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es).

Este nivel tan elevado de utilización de recursos, unido a la irregularidad de las precipitaciones, hace que el sistema sea vulnerable ante sequías. El inventario de regadíos realizado por la Junta de Andalucía en 2002 cuantificaba en este conjunto de cuencas andaluzas un déficit hídrico de 489 hm<sup>3</sup>/año.

Una característica que distingue a esta región es el importante peso que en ella tiene el sector primario. En los años 1995 a 2003, el crecimiento del sector agrario viene siendo superior al crecimiento global de la economía regional, y muy superior a la media del país. De manera que el sector primario aporta en torno al 10% del VAB de la región, frente al 4,1% que supone a nivel nacional.

Se observa una tendencia a la reducción del número de explotaciones, a la vez que aumenta el tamaño de las existentes, lo que parece indicar un proceso de adaptación a los métodos y tecnologías actuales, con aumento de la productividad del trabajo.

En cuanto a la mano de obra, hay que destacar que más de la mitad de las explotaciones funcionan sin mano de obra contratada, alcanzando la mano de obra familiar el 42,8% del trabajo total en el sector agrario.

Respecto al régimen de cultivo, el Inventario de Regadíos de 2002, señala que de los 3 millones de hectáreas cultivadas existentes en las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate, el 23,2%, unas 700.000 hectáreas, se dedican a regadío, con tendencia a un importante incremento de dicha superficie, y destacando el olivar como cultivo más extendido, tanto en regadío como en secano.

El aumento de la superficie de regadío en los últimos lustros, se ha visto acompañado por una modernización de los sistemas de riego, en que el riego localizado, con un gran aumento de superficie, ha sustituido como método prioritario a los sistemas de riego por gravedad. Por último, debemos tener en cuenta el impacto positivo que la implantación de regadíos produce tanto en la propia agricultura, como en la industria agroalimentaria a ella asociada y, en general en la economía y el empleo de cualquier región que se trate.

En este trabajo nos interesa principalmente probar la validez del AHP para la toma de decisiones acordes a las preferencias sociales, dentro del contexto de la DMA. Por ello se ha tomado una muestra pequeña (50 individuos), descrita en el Cuadro 4, tratando de que ésta fuera lo más representativa posible de la población universo (en este caso población provincial). Un 75% de las entrevistas se realizaron en Córdoba y un 25% en Almodóvar del río, aproximadamente. Aprovechamos la circunstancia de que en dichos términos municipales se está llevando a cabo la ampliación el embalse de La Breña, lo que propiciaba unas condiciones de particular interés para los objetivos que nos ocupan. El nuevo embalse tiene por finalidad completar la regulación del Guadalquivir en su tramo medio, ante la imposibilidad de realizar embalses en su propio cauce.

CUADRO 4

## Algunas características de la muestra

	PROVINCIA	MUESTRA
Clasificación por sexos y grupos de edad		
Hombres	< 35	17,1%
	35-55	19,2%
	> 55	13,0%
Mujeres	< 35	16,4%
	35-55	19,0%
	> 55	15,4%
Nivel de estudios		
Sin estudios	25,2%	24,0%
Primarios	22,4%	24,0%
Bachillerato/ FP	41,7%	42,0%
Universitarios	10,7%	10,0%
Otros grupos		
Parados	10,3%	10,0%
Estudiantes	7,1%	6,0%
Pensionistas	17,7%	16,0%
Amas de casa	12,8%	12,0%

Fuente: Elaboración propia e INE (www.ine.es).

## 4. Resultados

### 4.1. Análisis de las consistencias individuales

Las inconsistencias individuales observadas en nuestro caso, aplicando la metodología propuesta por Saaty y Kearns (1985), se encuentran en un rango entre el 0% y el 50% de CR. Si bien a la consistencia agregada, obtenida más adelante, le exigiremos que cumpla la condición  $CR < 10\%$  (que es el límite impuesto por Saaty), para las consistencias individuales admitiremos valores considerablemente superiores, basándonos en las conclusiones de Aull-Hyde *et al.* (2006), quienes demuestran que con un tamaño muestral suficientemente grande, la consistencia agregada obtenida es perfecta, aun en el caso de que las consistencias individuales fuesen inaceptables.

Hay que señalar en este punto que, tanto en el estudio de las consistencias individuales como en el de la consistencia agregada, sólo hemos trabajado con los juicios relativos a las comparaciones entre criterios (sociales, económicos y ambientales), que originan matrices  $3 \times 3$ . En cuanto a las opiniones o juicios relativos a los subcriterios, que originan matrices  $2 \times 2$ , al responder a elecciones entre dos elementos son necesariamente consistentes.

### 4.2. Obtención de los pesos agregados y sus consistencias

Para obtener unos pesos representativos del conjunto de los encuestados, que a su vez representan a la sociedad de la región, existen distintos métodos. Forman y Peniwati (1998) analizan dos de los métodos que han demostrado ser más útiles para la agregación necesaria cuando se toman decisiones en grupo con el AHP: la agregación de juicios individuales (AIJ) y la agregación de pesos, o prioridades individuales (AIP). Los mencionados autores recomiendan el primero de los métodos para aquellos casos en que se pueda asumir que el grupo actúa como una unidad, mientras que señalan como más apropiado el segundo en los casos en que el grupo se considera constituido por individuos separados. Nada más cierto que esto último en el caso del conjunto de la sociedad, donde las posiciones distan mucho de ser unánimes. En nuestro estudio hemos escogido como método, por tanto, la agregación de ponderaciones individuales (AIP).

Otra cuestión clave en la aplicación de AHP, es el método de agregación de los juicios o ponderaciones individuales. Los métodos más comunes para la agregación de matrices de comparación de pares en el contexto de decisiones de grupo son i) la media geométrica y ii) la media aritmética (Aull-Hyde *et al.* 2006).

En este trabajo hemos optado por la agregación mediante media geométrica. Aczel y Saaty (1983) probaron que la media geométrica era consistente con los cuatro axiomas en los que se basa el AHP. Ramanathan y Ganesh (1994) cuestionaron que la media geométrica respetara el principio de optimalidad de Pareto. Sin embargo, trabajos posteriores como los de Van Den Honert y Lootsma (1996) y Forman y Peniwati (1998) defienden la idea de que la media geométrica no viola el axioma de Pa-

reto y supera las limitaciones relativas a la independencia de las alternativas irrelevantes presentes en la versión inicial del AHP, como se ha mencionado anteriormente.

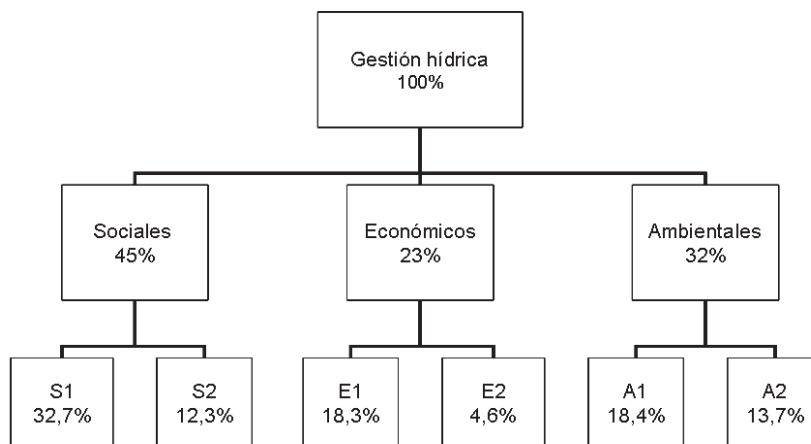
Forman y Peniwati (1998) afirman que cuando los individuos actúan de manera independiente, se puede utilizar tanto la media geométrica como la aritmética, e incluso abogan por que la media geométrica es más consistente que la aritmética. Esta propuesta de Forman y Peniwati ha sido aceptada por una amplia parte de la literatura posterior, como Srdjevic (1996), Duke y Aull-Hyde (2002), Aull-Hyde *et al.* (2006), Chou *et al.* (2007) y Altuzarra *et al.* (2007).

Volviendo a nuestro estudio de caso, una vez así agregados los 50 pesos individuales obtenidos para cada criterio y subcriterio, hemos de tener en cuenta que los pesos de cada nivel deben sumar la unidad, condición que no cumplen estas medias geométricas, por ello, las hemos normalizado, dividiendo cada una de ellas por la suma de todas las pertenecientes a la misma subdivisión de la jerarquía analítica, con lo que obtenemos los pesos agregados que buscábamos.

Por último, se ponderan los pesos relativos de los pares de subcriterios, multiplicando cada uno de ellos por el peso agregado del criterio correspondiente. Obtenemos así los pesos absolutos agregados para los 6 subcriterios (Gráfico 2).

GRÁFICO 2

**Reparto de pesos concedidos por la sociedad a los criterios y subcriterios en que se divide la gestión del agua**



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que globalmente son los criterios sociales los que más interesan a la población, con el 45% del peso total.

Si observamos la distribución del peso entre los subcriterios, lo primero que llama la atención es que casi un tercio del total del mismo recae sobre el primero de los subcriterios sociales, «la garantía del suministro y calidad del agua captada para con-

sumo humano». Otro hecho destacable es la escasa valoración social que recibe el subcriterio «coste de la medida», con apenas un 4,6% del peso total. El resto de subcriterios se encuentra más equilibrado, destacando entre ellos los «efectos ecológicos sobre el hábitat» y la «contribución al desarrollo general de la cuenca del Guadalquivir», prácticamente igualados.

En cuanto a la consistencia agregada, ésta se ha estimado de forma análoga a como se hizo con las individuales, agregando para ello, también, las comparaciones de pares (Cuadro 5) mediante la media geométrica, al igual que se ha hecho para agregar los pesos.

Se han obtenido unos excelentes valores de consistencia agregada, con un CR prácticamente nulo, cuando se aceptaría hasta un 10%.

CUADRO 5  
Agregación de juicios de comparación de criterios por pares

	Sociales/Económicos		Sociales/Ambientales		Económicos/Ambientales	
Media geom.	1,95	0,51	1,41	0,71	0,71	1,40

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Valoración de alternativas

Disponemos de la valoración absoluta (Gráfico 2, anterior) que la sociedad en su conjunto otorga a cada uno de los seis subcriterios considerados en la gestión del agua. Pero esta es sólo una parte del proceso de decisión; para completarlo es necesario trasladar esta valoración social hasta el nivel inferior de la jerarquía, el de las alternativas de actuación, pudiendo así adoptar finalmente aquella acción que proporcione una mayor utilidad a la sociedad en conjunto.

Hemos considerado un total de 4 alternativas posibles de actuación en la gestión del agua, a saber:

- Ampliación del embalse de La Breña, que se encuentra actualmente en proceso de realización. Se da la circunstancia de que ésta implica la inundación de más de 600 ha del Parque Natural Sierra de Hornachuelos.
- Modernización de los regadíos de la región, mejorando las redes de distribución e implantando en parcela sistemas más eficientes. Para lo que hemos supuesto una inversión de 6.000 euros por hectárea, subvencionada en un 60%.
- Incremento de la tarificación en alta del agua para riego, donde se ha supuesto una subida total de 1,76 cént. €/m<sup>3</sup>.
- La realización simultánea de las tres actuaciones anteriores.

La valoración de estas alternativas se ha basado en las opiniones de 16 expertos, a los que se les suministró la escala representada en el Gráfico 3, que es compatible, como vemos, con la escala de Saaty.



GRÁFICO 3

## Escala de afección usada en cuestionario a expertos

Escala de opinión de expertos.		Equivalencia escala de Saaty.	
8	Mejora absoluta	—	9
7			
6	Mejora muy importante	—	7
5			
4	Clara mejoría	—	5
3			
2	Ligera mejora	—	3
1			
0	Igual	—	1
-1			
-2	Ligero empeoramiento	—	1/3
-3			
-4	Claro empeoramiento	—	1/5
-5			
-6	Empeoramiento muy importante	—	1/7
-7			
-8	Empeoramiento absoluto	—	1/9

Fuente: Elaboración propia.

La razón de utilizar esta escala fue, en primer lugar, reducir el número de estimaciones a realizar por el experto en caso de un AHP convencional (se reduce el número de juicios al que se somete al agente decisor). Una segunda razón fue suministrarle al experto una forma intuitiva e inmediata de mostrar su opinión, facilitando de esta manera su disponibilidad a colaborar.

Así, en lugar de hacer estimaciones sobre los efectos relativos que cada dos alternativas tendrían sobre cada subcriterio de decisión, el experto asigna una cifra  $x_{ij}$ , en concepto del efecto que cada alternativa  $j$  tendría en su opinión sobre el subcriterio  $i$  dado.

Para incluir las opiniones recogidas de la forma arriba expuesta en nuestro análisis AHP, hemos realizado dos modificaciones:

Se ha hecho corresponder la escala propuesta de  $-8$  a  $8$ , con la de Saaty, según se puede observar en el Gráfico 3 anterior.

Se establece la condición de identidad entre cada una de dichas cifras y la respuesta a una comparación de pares de Saaty como la representada en el Cuadro 6.

CUADRO 6  
Comparación de pares implícita en cada puntuación

Conveniencia respecto al subcriterio $i$ , de tomar la alternativa $j$	1 – 3 – 5 – 7 – 9
Conveniencia respecto al subcriterio $i$ , de NO tomar la alternativa $j$	1 – 3 – 5 – 7 – 9

Fuente: Elaboración propia.

Así, la cifra entre 1/9 y 9 obtenida de la opinión del experto coincide con su hipotética respuesta a esta comparación, y más concretamente con la cifra adjudicada a la ‘conveniencia de tomar’ la alternativa.

A partir de cada puntuación, mediante esta identidad, se obtiene una matriz de comparación de pares  $2 \times 2$  acorde a las propiedades establecidas por Saaty, como las mostradas en el Cuadro 7.

CUADRO 7  
Tipos de matrices obtenidas para cada subcriterio  $i$

Ampliación			Modernización			Tarifa alta			Todas		
	Sí	No		Sí	No		Sí	No		Sí	No
Sí	1	a	Sí	1	b	Sí	1	c	Sí	1	d
No	1/a	1	No	1/b	1	No	1/c	1	No	1/d	1

Fuente: Elaboración propia.

Los valores que toman a, b, c y d están comprendidos en la escala de Saaty, entre 1/9 y 9.

En cada una de estas matrices, se pueden extraer, como ya se hizo para la valoración de criterios y subcriterios por la sociedad, los pesos correspondientes a ambas opciones, que podemos designar como  $w_{Si}$  y  $w_{No}$ , y cuya suma será la unidad.

Al ser ambas cifras complementarias, nos basta una de ellas para caracterizar la valoración realizada. Tendremos, de esta manera, para la confrontación de cada alternativa  $j$  con cada subcriterio  $i$ , una medida individual de cada experto ( $w_{ij}$ ), que refleja su estimación cualitativa respecto a la conveniencia de adoptar tal alternativa para mejorar el subcriterio en cuestión.

Así, la agregación de los pesos obtenidos de los 16 expertos para cada pareja alternativa-subcriterio, constituirá la que llamaremos función de afección de las medidas sobre los subcriterios de gestión hídrica, dado que es fruto del consenso de los expertos respecto a dicha afección.

#### 4.4. Tratamiento del subcriterio «coste de la medida»

Antes de obtener las prioridades sociales de las diferentes alternativas, hemos necesitado valorar el impacto de cada una de éstas sobre el subcriterio «coste de la medida». Este subcriterio no ha sido sometido a la opinión del grupo de expertos por tratarse de un concepto perfectamente cuantificable. En consecuencia, una vez estimados los costes de las distintas actuaciones, que se exponen a continuación, y utilizando la misma escala que los expertos, hemos podido establecer la magnitud de afección que sobre el coste tendrá cada una de las alternativas.

Hay que señalar que tendremos en cuenta el coste por unidad de volumen de agua, y no el valor absoluto del coste de la medida, tomando las siguientes decisiones:

- No se ha distinguido entre las diversas fuentes de financiación, ya que nos interesa obtener el coste que la actuación supone para la sociedad en su conjunto. Por tanto, desde nuestro punto de vista, será irrelevante qué agente cargue con los costes.
- Se adopta un plazo de amortización de 25 años, y el tipo de interés del 4%, tanto para el embalse como para los regadíos.
- La inversión supuesta por La Breña II se ha repartido entre el volumen total de agua regulada disponible en la cuenca (3.099 hm<sup>3</sup>/año según Berbel y Gutiérrez, 2004), en lugar de considerar únicamente el volumen regulado por el propio embalse. Ello obedece a la hipótesis de trabajo de un futuro reparto horizontal de los costes entre todos los beneficiarios de las obras, que serán muchos más regantes que los directamente abastecidos por el embalse.
- Para la modernización de regadíos se ha considerado una inversión por hectárea, en torno al promedio de la región en este tipo de inversiones, 6.000 €/ha (financiada por la administración en un 60%), repartiéndose estos costes de inversión entre la dotación media de agua superficial regulada concedida por la confederación, que está en torno a 6.000 m<sup>3</sup>/ha (Berbel y Gutiérrez, 2004).
- El coste unitario (en alta) repercutido a regadíos como media en la cuenca está en torno a 1,24 cént. €/m<sup>3</sup> (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2005). Con esta tarifa se estima que se recuperan el 95% de los costes del organismo regulador (MIMAM, 2007). Para la alternativa subida de tarifa en alta, hemos propuesto llevar el precio hasta los 3 cent. €/m<sup>3</sup>, lo que suponemos representaría una recuperación de costes completa, incluido el coste ambiental.
- En estas condiciones, hemos calculado el incremento de tarifa en alta que supone la realización de cada alternativa, así como la puntuación equivalente en la función de afección, que se muestran en el Cuadro 8, donde se ha asignado el valor -8 de la escala a la alternativa más cara (es decir, «todas»), interpolando para las demás.

CUADRO 8

Puntuaciones correspondientes al subcriterio coste de la medida

	Ampliación	Modernización	Precio	Todas
Coste (€/m <sup>3</sup> )	0,0042	0,0665	0,0176	0,0883
Puntuación del efecto	-0,38	-6,02	-1,59	-8,00

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidas estas cifras, se ha seguido con ellas el mismo tratamiento que con las opiniones de expertos.

#### 4.5. Función de afección y ordenación de alternativas

A continuación, se ha realizado la agregación de los pesos  $w_{ij}$  que acabamos de obtener, utilizando para ello la media geométrica, de donde resultan Los valores  $f_{ij}$  (Cuadro 9).

CUADRO 9  
Puntuaciones ( $f_{ij}$ ) alternativa-subcriterio del grupo de expertos

	Ampliación Breña	Modernización regadíos	Subida tarifa en alta	Todas las medidas
1. Garantía suministro	0,843	0,767	0,696	0,858
2. Desarrollo rural	0,807	0,807	0,327	0,780
3. Desarrollo económico	0,824	0,824	0,410	0,802
4. Coste de la medida	0,420	0,125	0,278	0,100
5. Efectos ecológicos	0,245	0,721	0,684	0,534
6. Reducción déficit hídrico	0,543	0,737	0,733	0,636

Fuente: Elaboración propia.

Las puntuaciones aquí expuestas hacen las veces de la función de afección, necesaria para transmitir las preferencias sociales al nivel de las alternativas de gestión del agua.

Llegados a este punto del proceso de decisión, contamos con toda la información necesaria para establecer un orden de alternativas de gestión hídrica que responda lo mejor posible a las preferencias expresadas por la sociedad de la región en estudio. Para ello cruzamos los pesos concedidos por la sociedad a los subcriterios, que para abreviar llamaremos  $w_i$  (ver Gráfico 2), con las puntuaciones ( $f_{ij}$ ) de los expertos. El Cuadro 10 recoge los valores ( $A_j$ ) representativos de la prioridad global entre alternativas, resultado de la expresión [5].

$$A_j = \sum_{i=1}^n w_i \times f_{ij} \quad [5]$$

CUADRO 10  
Obtención de la valoración social total de las alternativas

	Ampliación Breña	Modernización	Aumento tarifa alta	Todas
TOTAL ( $A_j$ )	0,664	0,740	0,582	0,713

Fuente: Elaboración propia.

## 5. Conclusiones

Podemos afirmar en este punto que los resultados obtenidos a través del Método Analítico Jerárquico, muestran que la alternativa de gestión hídrica que más utilidad aportaría al conjunto de la sociedad de la región considerada en nuestro estudio, es la modernización de regadíos.

Es llamativo, desde la perspectiva del coste, que sea ésta la alternativa preferida, ya que es la más cara, con gran diferencia, de las tres medidas individuales de gestión consideradas, como se puede observar en el cuadro 8 anterior. Esto se debe a la ínfima valoración social (4,6%) que ha recibido el subcriterio «coste de la medida», resultado conjunto, por un lado de la menor valoración del criterio económico frente a los criterios social y ambiental (véase figura 2), y por otro, de su comparación por pares en la encuesta, dentro del criterio económico, con el subcriterio «desarrollo económico de la cuenca», repartiéndose el peso del criterio económico en proporción 80/20 a favor de éste último subcriterio. Probablemente la percepción que tiene el encuestado de su contribución al pago de los costes de cada medida, no sea tan clara como su percepción del desarrollo económico del entorno local y lo que ello puede contribuir a mejorar su nivel de vida.

La segunda alternativa socialmente más útil resulta ser la implementación conjunta de las tres medidas. La alternativa de ampliación del embalse de La Breña no aparece hasta el tercer puesto; y en último lugar aparece la medida de aumento de la tarifa del agua, hecho que muestra que aun no se ha incorporado al discurso hídrico de la región la necesidad de internalizar los costes asociados al servicio del agua. De hecho, en la región estudiada se observa una oposición generalizada de la sociedad al aumento de tarificación del agua<sup>2</sup>.

La DMA, que tiene como objetivo último la gestión sostenible de los recursos hídricos, prescribe el análisis coste-eficacia para la selección de las medidas que integrarán el Programa de Medidas necesarias para la gestión a nivel de Demarcación. Sin embargo, para que esta gestión, además de ser eficaz, cuente con legitimidad social y sea sostenible, el proceso de elección de medidas debe estar abierto a la participación pública y debe responder a criterios sociales y ambientales.

A través del ejercicio propuesto, el método AHP se ha revelado como particularmente interesante como «input» para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de los recursos hídricos, en condiciones en que dichas decisiones deban ser fruto del consenso social, siendo precisamente en esta área de decisiones en grupo donde el AHP se distingue como más apropiado.

## 6. Comentarios finales

Este trabajo pretende demostrar la viabilidad de la aplicación de técnicas multicriterio, y en concreto de AHP, para la resolución de problemas de decisión en planifica-

<sup>2</sup> Como puede comprobarse en el Ecobarómetro de Andalucía 2005 y 2006.

ción de recursos hídricos. Hemos aplicado estas técnicas a un problema concreto de decisión, que es la reducción del déficit hídrico en el Guadalquivir. Se han manejado diferentes alternativas para resolver este problema, entre las que destaca la ampliación del embalse de La Breña.

Dada la naturaleza exploratoria de este ejercicio, hemos tomado una muestra de la sociedad andaluza, y el resultado es que la población representada por nuestra muestra prefiere la modernización de regadíos frente a la ampliación del embalse. El orden de prioridades es compatible con una preferencia por las medidas que actúan sobre la demanda del agua (medidas de ahorro) frente a aquellas que actúan ampliando su oferta, sobre todo si ésta se incrementa a costa de inundar terrenos de cierto valor ambiental.

La Directiva Marco de Aguas fomenta la participación pública para la toma de decisiones de la planificación de recursos que se requiere en el programa de medidas, que se debe redactar para 2008/2009. Creemos que es un momento importante para la disciplina de la teoría de la decisión como apoyo a los procesos de participación pública, para lo que este trabajo supone una primera propuesta para la utilización de las técnicas multicriterio en el nuevo contexto de política hídrica impuesto por la Directiva Marco.

La muestra presentada en este trabajo tiene un tamaño pequeño, sobre todo si se compara con otros estudios sociológicos que tratan la cuestión hídrica como es el Ecobarómetro de Andalucía, elaborado por el Instituto de Estudios Sociológicos de Andalucía (2006). En su edición más reciente, el Ecobarómetro ofrece unos resultados sobre el «ranking» de medidas de gestión hídrica preferidas por los andaluces, en los que la «construcción de pantanos» y la «modernización de regadíos» aparecen en primer y cuarto lugar respectivamente (de forma semejante el año 2005), a diferencia de los resultados que se obtienen en nuestro trabajo. Una posible explicación de esta discrepancia puede encontrarse en las diferencias entre la población de ambos estudios, ya que la población encuestada en nuestro trabajo pertenece a los dos municipios más afectados por la ampliación del embalse, frente al Ecobarómetro, que incluye toda Andalucía.

En cualquier caso, el AHP se revela como un procedimiento adecuado para la determinación eficaz de las necesidades sociales. Esto lo hace idóneo en la elaboración de políticas de actuación en múltiples ámbitos, resultando una herramienta muy útil a los fines de implementación de la DMA en los próximos años, y también un adecuado complemento del análisis coste-eficacia. Podemos afirmar que el enfoque multicriterio se presenta como una vía, no sólo innovadora, sino incluso necesaria para el abordaje de los problemas de decisión en la gestión de los recursos hídricos, problemas cuya índole sobrepasa el mero ámbito económico, para ofrecer varios frentes, a menudo conflictivos entre sí, todos los cuales han de ser tenidos en consideración.

## Bibliografía

Aczel, J. y Saaty, T.L. (1983). «Procedures for synthesizing ratio judgements». *Journal of Mathematical Psychology*, 27:93-102.

- Albi Ibáñez, E. (1989). *Introducción al análisis coste-beneficio*. Instituto de Estudios Fiscales. Ministerio de Economía y Hacienda. Madrid.
- Alphonse, C. B. (1997). «Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries». *Agricultural Systems*, 53:97-112.
- Aull-Hyde, R., Erdogan, S. y Duke, J.M. (2006). «An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in AHP». *European Journal of Operational Research*, 171:290-295.
- Aznar Bellver, J. y Estruch Guitart, V. (2006). «Valoración de un activo ambiental mediante métodos multicriterio. Aplicación a la valoración del parque natural del Alto Tajo». Comunicación presentada en el *VI Coloquio Ibérico de Estudios Rurales*. Huelva.
- Altuzarra, A., Moreno-Jiménez J.M. y Salvador, M. (2007). «A Bayesian prioritization procedure for AHP-group decision making». *European Journal of Operational Research*, 182(1):367-382.
- Belton, V. y Gear, T. (1983). «On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies». *Omega*, 11(3):228-230.
- Berbel, J. y Gutiérrez, C. (2004). *I Estudio de sostenibilidad del regadío en el Guadalquivir*. Feragua. Sevilla.
- Ceña, F. y Romero, C. (1982). *Evaluación económica y financiera de inversiones agrarias*. Banco de Crédito Agrícola. Madrid.
- Chou, M.T., Lee, H.S., Chu, C.W. y Cheng, C.Y. (2007). «Synthesizing comparison matrices of AHP under group decision», en *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Springer, Berlin:1323-1330.
- Cohon, J.L. y Marks, D.H. (1975). «A review and evaluation of multiobjective programming techniques». *Water Resources*, 11(2):208-220.
- Comisión Europea, (2003). *Economics and the environment: the implementation challenge of the Water Framework Directive. A guidance document*. WATECO. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. (2005). *Informe artículos 5 y 6 DMA*. [www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es).
- Duke, J.M. y Aull-Hyde, R. (2002). «Identifying public preferences for land preservation using the analytic hierarchy process». *Ecological Economics*, 42(1-2):131-145.
- Field, B.C. y Field, M.K. (2002). *Environmental economics*. McGraw Hill. Nueva York.
- Forman, E. y Peniwati, K. (1998). «Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process». *European Journal of Operational Research*, 108:165-169.
- Gómez-Limón, J.A. y Atance Muñoz, I. (2004). «Identification of public objectives related to agricultural sector support». *Journal of Policy Modelling*, 27(8-9):1045-1071.
- Green, C. (2003). *Water economics, principles and practice*. Wiley. West Sussex.
- Hipel, K.W. (1992). «Multiple objective decision-making in water-resources». *Water Resources Bulletin*, 28:3-12.
- IESA-CSIC (2005) *Ecobarómetro de Andalucía-2005*. [http://www.juntadeandalucia.es/medio-ambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Educacion\\_Y\\_Participacion\\_Ambiental/Sensibilizacion/Ecobarometro/EBA\\_2005.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medio-ambiente/web/Bloques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Sensibilizacion/Ecobarometro/EBA_2005.pdf)
- Jaber J.O. y Mohsen, M. (2002). «Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan». *Desalination*, 136:83-92.
- Lee, C.S., y Wen, C.G. (1996). «Application of multiobjective programming to water quality management in a river basin». *Journal of Environmental Management*, 47(1):11-26.
- Linares, P. y Romero, C. (2002). «Aggregation of preferences in an environmental economics context: A goal-programming approach». *The International Journal of Management Science*, 30:89-95.



- Martín-Ortega, J. y Berbel, J. (2006). «Análisis económico y enfoque multicriterio en aplicación de la DMA al Guadalquivir». Comunicación presentada al *I Congreso Andaluz de Desarrollo Sostenible y V Congreso Andaluz de Ciencias Ambientales*. Granada.
- Martín-Ortega, J., Gutiérrez, C. y Berbel, J. (2008). «Caracterización de los usos del agua en la Demarcación del Guadalquivir en aplicación de la Directiva Marco de Aguas». *Revista de Estudios Regionales*, 81:45-76.
- Millet, I. (1998). «Ethical decision making using the Analytic Hierarchy Process». *Journal of Business Ethics*, 17(11):1197-1204.
- MIMAM (2007). *Precios y costes de los servicios del agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. [http://www.fundacion-biodiversidad.es/opencms/export/fundacion-biodiversidad/envios/portal\\_debate07.html](http://www.fundacion-biodiversidad.es/opencms/export/fundacion-biodiversidad/envios/portal_debate07.html)
- Parra, C. Calatrava, J. y Haro, T. (2004). «Evaluación comparativa multifuncional de sistemas agrarios mediante AHP: aplicación al olivar ecológico, integrado y convencional en Andalucía». *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9:27-56.
- Perry, C. J., Rock, M. y Seckler, D. (1997). «Water as an economic good: A solution, or a problem?» En Kay, M., Franks, T. and Smith, L. (Eds.): *Water: Economics Management and Demand*. E & FN Spon. Londres: 3-11.
- Ramanathan, R. y Ganesh, L.S. (1994). «Group preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members weightages». *European Journal of Operational Research*, 79:249-265.
- Renn, O., Webler, T. y Winpenny, J.T. (1995). *Fairness and competence in citizen participation: Evaluating models for environmental discourse*. The Netherlands, Kluwer Academic Publisher.
- Reyna Doménech, S. y Cardells Romero, F. (1999). «Valoración AHP de los ecosistemas naturales de la Comunidad Valenciana». *Revista valenciana d'estudis autonòmics*, 27:153-177.
- Risk Policy analyst Ltd. (2004). *CEA and developing a methodology for assessing disproportionate costs*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, U.K. (DEFRA).
- Romero, C. (1993). *Teoría de la decisión multicriterio. Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Editorial. Madrid.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierachy Process*. McGraw-Hill. Nueva York.
- Saaty, T.L. y Kearns, K.P. (1985). *Analytical planning. The organization of systems*. Pergamon Press. Oxford.
- Sáenz de Miera, G. (2002). *Agua y Economía*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Srdjevic, B., Medeiros, Y., Srdjevic, Z. y Schaer, M. (2002). «Evaluating management strategies», en Andrea, E., Rizzoli, A. y Jakeman, J. (Eds.): *Paraguacu River Integrated Assessment and Decision Support*. 1st Biennial Meeting of the iEMSS.
- Srdjevic, B. (2007). «Linking Analytic Hierarchy Process and social choice methods to support group decision-making in water management». *Decision Support Systems*, 42(4):2261-2273.
- Trémolet Consulting (2006). *Analysis of member states and pilot river basin submissions on the state of play for cost-effectiveness analysis in the WFD (draft report)*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, U.K.
- Van Den Honert, R. C. y Lootsma, F. A. (1997). «Group preference aggregation in the multiplicative AHP. The model of the group decision process and Pareto optimality». *European Journal of Operational Research*, 96(2):363-370.
- Wittmer, H., Rauschmayer, F. y Klauer, B. (2006). «How to select instruments for the resolution of environmental conflicts?». *Land Use Policy*, 23:1-9.