

Metódo multicriterio para apoyo a la planificación hídrica

¹J. MARTÍN-ORTEGA y ²J. BERBEL VECINO

¹Dpto. de Economía, Sociología y Política Agrarias. Universidad de Córdoba.

²Dpto. de Economía, Sociología y Política Agrarias. Universidad de Córdoba.

¹es2maorj@uco.es

²es1bevej@uco.es

Recibido: 13 de noviembre de 2006

Aceptado: 22 de enero de 2007

RESUMEN

El análisis económico en la Directiva Marco de Aguas se encuentra, entre otros aspectos, en la fase de caracterización de los usos actuales y futuros del agua y en la elaboración del Programa de Medidas en base al análisis coste-eficacia. En este trabajo se presentan los resultados de dicha caracterización para el Guadalquivir, que muestran una previsión insostenible en la que las expectativas de crecimiento del consumo urbano y turístico, junto a un contenido pero todavía muy elevado consumo agrario, llevan a la utilización de más del 50% de los recursos renovables. Teniendo en cuenta que los conflictos ambientales se caracterizan por la interacción de la complejidad ecológica y social, en este artículo se apuesta por la necesidad de, en un contexto científico, ir más allá del análisis coste eficacia y se propone el enfoque multicriterio en la planificación hídrica, mediante un primer ejercicio de valoración jerárquica de preferencias sociales, que muestra una significativa valoración de los criterios ambientales.

Palabras clave: Directiva Marco del Agua, AHP, gestión hídrica, preferencias sociales.

Multicriteria method for water resources planning

ABSTRACT

Economic analysis on the Water Framework Directive is, among other aspects, in the phase of characterization for present and future uses of the water and also the preparation of the Program of Measures based on the cost-effectiveness analysis. This article presents the results of water use economic characterization for the Guadalquivir River Basin (Southern Spain), which shows an expected unsustainable situation with consumption of over 50% of renewable resources. Due to the ecological and social complexity of environmental conflicts, authors advocate for a multicriteria approach beyond the cost-benefit analysis, as an input of water resource planning. A first exercise on hierarchical social preferences evaluation, showing the relevance of the environmental criteria, is presented on this paper.

Keywords: Water Framework Directive, AHP, water management, social preferences.

Méthode multicritère dans la gestion hydrique

RÉSUMÉ

L'analyse économique est présente dans la Directive Cadre de l'Eau dans la phase de caractérisation des usages actuels et futurs de l'eau, ainsi que dans l'analyse coût-bénéfice nécessaire à l'élaboration

du Programme des Mesures. Cet article recueille les résultats de la caractérisation pour le Bassin du Guadalquivir (Sud de l'Espagne), montrant une situation insoutenable où plus de 50% des ressources renouvelables seront consommés. La complexité écologique et sociale étant manifeste lors des conflits environnementaux, les auteurs plaident pour une approche multicritère, au-delà de l'analyse coût-bénéfice, comme input dans la gestion hydrique. Un exercice d'évaluation hiérarchique des préférences sociales, qui montre une importante considération des critères environnementaux, est présenté dans l'article.

Mots clé: Directive Cadre de l'Eau, AHP, gestion hydrique, préférences sociales.

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Análisis económico de los usos del agua. 3. Enfoque multicriterio para evaluación de medidas. 4. Resultados. 5. Conclusiones. 6. Agradecimientos. 7. Referencias Bibliográficas.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más novedosos e interesantes de la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua, DMA) es el alto grado de implicación que se concede a la economía en su implementación. En esta norma, los instrumentos y principios económicos se integran en el proceso de política de aguas como herramientas para la toma de decisiones, con el objetivo de alcanzar el buen estado ecológico de las aguas europeas.

A principios de los años noventa, en la Declaración de Dublín (1992), se formaliza la consideración del agua como bien económico. Esta proclamación se hace de modo suficientemente abierto y es suficientemente poco restrictiva como para permitir el consenso generalizado, ya que, como afirman Perry et al. (1997), el debate deja de situarse en si el agua es un bien económico (parece evidente que lo es, ya que se trata de un recurso con usos alternativos que no pueden ser satisfechos simultánea e indefinidamente y cuyo aprovechamiento está sujeto a unos costes), para situarse más bien en *de qué tipo* de bien económico se trata. Es decir, en su consideración como un bien exclusivamente privado y sometido a las fuerzas del mercado o, por el contrario, un bien público que requiere un control sobre una asignación basada exclusivamente en el precio. Desde entonces, el uso de términos económicos en el ámbito del agua en Europa ha ido aumentando y se han ido introduciendo en la política de aguas principios económicos tales como *quien contamina paga*.

Sin embargo, el modo en que los instrumentos económicos fueron apareciendo tradicionalmente en la gestión del agua respondía principalmente a un enfoque de tipo financiero. Desde la perspectiva económica, se reconoce que los recursos hídricos se han sobre-explotado y han sido objeto de una asignación ineficiente, debido a existencia de fallos de mercado y de gobierno (Pearce y Turner, 1995). A pesar de esta toma de conciencia, los recursos hídricos siguen siendo utilizados y deteriorados a ritmos que resultan insostenibles tanto en contextos de desarrollo como en los países en vías de desarrollo (Birol et. al, 2006). El modelo de desarrollo establecido ha mantenido, hasta el momento, a los bienes y servicios ambientales (entre ellos

el agua) al margen de los procesos de toma de decisión (Costanza et al., 1997), (Birol et al., 2006).

De este modo, la DMA supone una gran oportunidad para la reorientación de la gestión hídrica, ya que en ella se integran de manera específica los principios y herramientas económicos en un documento legislativo, permitiendo el vínculo entre la investigación empírica y la gestión política.

El rol del análisis económico en la DMA puede clasificarse en dos categorías correspondientes a su vez a fases de implementación: a) caracterización económica de los usos del agua y construcción del escenario de tendencias a 2015 y b) elaboración del Programa de Medidas para alcanzar los objetivos de la Directiva. Para una revisión de la gestación de la Directiva y de la aplicación del análisis económico, puede consultarse Berbel y Gutiérrez (2004a)

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización económica en el ámbito de la Demarcación del Guadalquivir¹ y se plantea la vía del análisis multicriterio como mecanismo para la evaluación de las preferencias sociales relativas a las medidas de gestión hídrica necesarias para alcanzar los objetivos de la DMA, más allá del mero análisis-coste eficacia, como instrumento más abierto y flexible a la participación pública.

2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS USOS DEL AGUA

La DMA, en su artículo segundo, centra el análisis económico no en el recurso en sí mismo, si no en los servicios relacionados su uso o con cualquier otra actividad contemplada en el artículo cinco en el anexo II de la misma, y que tenga repercusiones significativas en el estado del agua y, por tanto, supongan un riesgo para el buen estado ecológico del agua. Los servicios del agua se definen, a su vez, como todos aquellos servicios relacionados con la captación, almacenamiento, tratamiento y distribución de aguas superficiales o subterráneas para los hogares, las instituciones públicas y las actividades económicas; así como la recogida de aguas residuales y las infraestructuras de tratamiento y vertido a las aguas superficiales (Comisión Europea, 2003). La evaluación económica de estos usos del agua este contexto consiste en la identificación de: i) las presiones de la actividad humana sobre las masas de agua; ii) los usos del agua en la demarcación y iii) los usos del agua y servicios por sector socioeconómico (agricultura, industria, uso doméstico, uso recreativo, generación de energía, etc.).

Este análisis pasa por una estimación de la importancia económica del uso del agua por sectores y una estimación de las presiones sobre el recurso de dichas acti-

¹ Es importante señalar que el análisis de caracterización de los usos del agua se hizo previamente a la transferencia de las competencias sobre las cuencas de los ríos Guadalete y Barbate a la Junta de Andalucía, por lo que los resultados que se presentan para la Demarcación del Guadalquivir, incluyen los territorios correspondientes a las cuencas de Guadalete y Barbate.

vidades. Como nos recuerda (Green, 2003), la predicción de las demandas futuras del agua es uno de los aspectos más *engañosos* de la gestión de los recursos hídricos, ya que el lapso de tiempo entre el momento en el que se toman las decisiones, hasta que éstas se hacen efectivas transcurren al menos unos quince años. Es por ello que se hace necesario evaluar cuál será el balance entre abastecimiento y demanda en los años futuros, lo cual repercutirá, a su vez, en las necesidades de tratamiento de las aguas residuales. De este modo, es necesario que el análisis no se limite a la evaluación de la situación actual, sino que se extienda también a la estimación de las presiones futuras. Según el documento 'Guía para la implementación del análisis económico preconizado por la DMA' (Comisión Europea, 2003), la estimación de las presiones futuras sobre el recurso debe basarse en la construcción del escenario 2015, que debe consistir en la evaluación de tendencias de los usos del agua. Este escenario debe servir como punto de referencia para la evaluación de los futuros problemas del agua y la elaboración del Programa de Medidas.

De este modo, la caracterización económica de los usos del agua tiene como objetivo la estimación de la presión actual ejercida por dichos usos sobre el recurso (escenario base 2002) y el análisis de tendencias de dichas presiones para el escenario futuro (2015). Estas presiones se entienden en su vertiente cuantitativa (consumo y vertido) y cualitativa (contaminación del agua). En este artículo, nos centraremos exclusivamente en el consumo de agua.

La metodología aplicada en este análisis del Guadalquivir se fundamenta en el esquema DPSIR. Este esquema constituye un marco para la organización sobre el estado del medio ambiente propuesto y adoptado por la Agencia Europea de Medio ambiente a partir de un modelo inicial de la OCDE, y se basa en la asunción de relaciones causa-efecto entre los componentes que interaccionan en los sistemas sociales, económicos y ambientales². En la aplicación al Guadalquivir, hemos basado el análisis la identificación de factores claves sobre los que se apoya la construcción del escenario de presiones actuales ejercidas a través de la aplicación de coeficientes de presión. Los factores y coeficientes aplicados al análisis económico del consumo de agua en el Guadalquivir aparecen recogidos en la tabla 1.

² Driving forces of environmental changes; Pressures on the environment; State of environment; Impacts on population, economy, ecosystems y Response of the society.

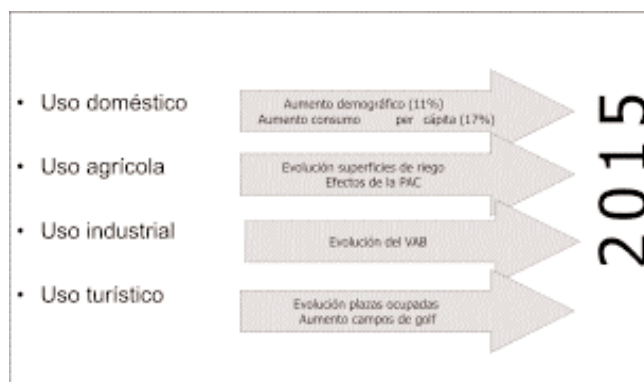
Tabla 1. Factores clave y coeficientes de presión sobre el recurso sobre sectores.

Tipo de usos	Factor clave	Coefficiente
Doméstico	población	Consumo per cápita
Agrícola	superficie por cultivo	necesidades hídricas/Ha y eficiencia de riego
Industrial	VAB	m3/VAB
Turístico	Plazas ocupadas	Consumo per cápita
	Hectáreas golf	m3/Ha

Fuente: elaboración propia³.

El análisis anterior nos permite construir el escenario actual de presiones (año 2002). Bajo este esquema la construcción del escenario futuro se realiza de forma relativamente sencilla a través de la estimación de la evolución de los factores clave, lo que permitirá visualizar las presiones futuras, teniendo en cuenta (como así lo requiere la propia DMA) un enfoque estacionario en cuanto a la introducción de medidas tecnológicas y mejora en la eficiencia. Es decir, el escenario 2015 se construye respondiendo a la pregunta ¿cuál sería la presión ejercida por el recurso si se mantuvieran las prácticas actuales? En la figura 1 puede verse resumido este esquema.

Figura 1. Cálculo de presiones al año 2015 por sectores.



Fuente: elaboración propia.

³ Para descripciones metodológicas más detalladas por sectores se recomienda consultar (Martín-Ortega y Berbel Vecino, 2005a) y (Martín-Ortega y Berbel Vecino, 2005b).

Este análisis económico no está exento de incertidumbre, derivada fundamentalmente de la falta de información o del desajuste de escala entre la información existente y las necesidades del análisis. La propia DMA reconoce la existencia de estos problemas y prescribe la realización del análisis con la *información disponible*, permitiendo precisamente la identificación de las necesidades de información. Para una revisión de las principales fuentes de incertidumbre en el contexto de la DMA recomendamos la lectura de Brouwer (2005).

CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA DE LOS USOS DEL AGUA EN EL GUADALQUIVIR

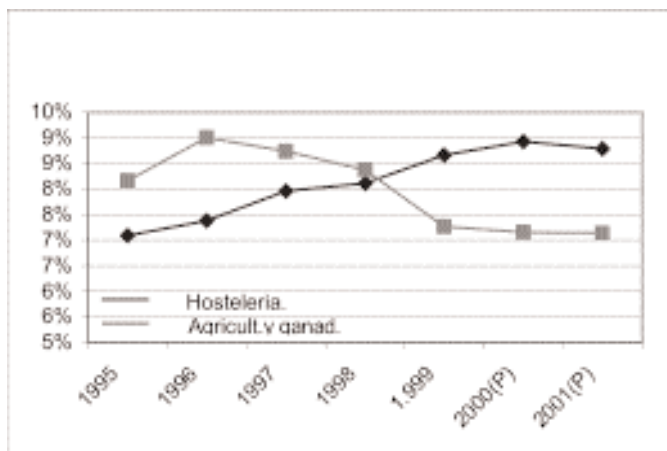
A continuación se presentan, de forma resumida, los resultados obtenidos en la caracterización económica al consumo por sectores.

Tabla 2. Análisis económico del uso del agua. Datos de consumo.

Sectores	VAB		Empleo		Consumo			Productividad	
	(10 ⁶ euros)	% s/total	miles	% s/total	2002 (Hm ³)	% s/total	Incr.previsto 2015 (%)	€/empleo	€/m ³
Agricultura y ganadería	3.693.106	6%	190	11%	3.414	88%	2%	19.435	1,08
Urbano no industrial	-	-	-	-	336	9%	27%	-	
Industrial	8.059.714	13%	207	12%	98	3%	30%	38.861	82,24
Turismo	7.288.138	12%	200	12%	22	1%	77%	36.462	332,79
Total	60.232.549*	100%	1.718	100%	3.870	100%	5%	35.070	17,07

Fuente: elaboración propia. (*) la diferencia entre el VAB total y la suma del VAB de los sectores de la tabla corresponde al resto de sectores económicos, fundamentalmente servicios y construcción. Para resultados parciales por sectores y resultados relativos a vertidos y cargas contaminantes puede consultarse (Martín-Ortega y Berbel Vecino, 2005a) y (Martín-Ortega y Berbel Vecino, 2005b)

La tabla 2 muestra un sector primario, que genera el 6% del VAB, y el 11% de los empleos y consume el 88% del agua en la Demarcación del Guadalquivir, frente a otros sectores más productivos, concentrados en áreas fuertemente urbanizadas y que tienden a concentrar aún más la población y que son menos consuntivos en agua. Tal es el caso del sector turístico, que consume el 1% del agua de la Demarcación, con una contribución creciente al valor añadido total, frente a la agricultura (figura 2).

Figura 2. Comparación de la evolución de VAB Agricultura y Turismo en Andalucía.

(P): Previsión. Fuente: INE.

En lo que se refiere al sector industrial, los sectores más productivos en términos de euros por trabajador y en términos de euros por metro cúbico son los sectores de maquinaria y mecánica; equipo eléctrico, electrónico y óptico y material de transporte, con un consumo por euro producido relativamente bajo (por debajo de los $0,005\text{m}^3/\text{€}$). El sector del textil, del cuero y el calzado es aquél que, siendo uno de los menos productivos, presenta el máximo consumo relativo, por encima de los $0,025\text{ m}^3/\text{€}$.

En cuanto a las perspectivas futuras, Meinzen-Dick (1997) señala que el aumento de la demanda por parte de los usos municipales e industriales, produce una creciente presión sobre la transferencia de agua de los regadíos hacia las ciudades y las industrias. El autor atribuye esta transferencia a la búsqueda de mayores productividades en relación con los usos domésticos e industriales. Este hecho se constata en el caso del Guadalquivir, donde se prevé una relativa contención del consumo agrícola (incremento del 2%) debido fundamentalmente a los planes de modernización de regadío; frente a los usos urbanos e industriales, dando lugar a unas grandes expectativas de crecimiento, fundamentalmente para el sector turístico, que en el caso de estudio, se desarrolla en tres tipos de actividades: el turismo interior de Cazorra y Sierra Nevada, el turismo cultural de Sevilla, Granada y Córdoba, y el turismo de *sol, playa y golf* de la costa gaditana.

Para una profundización en la actual utilización de agua para regadío se recomienda la lectura de Berbel y Gutiérrez (2004b) y Berbel et. al. (2006), donde se calcula que en los últimos años se ha pasado del 33% de la superficie regada por riego por goteo al 38%, habiéndose reducido la superficie regada por gravedad al 40%. Rico Amorós (2002) realiza una reflexión sobre la expansión residencial y turística y el modo en que ésta ha sido incentivada, promoviendo una fuerte com-

petencia por el uso del suelo y el agua con las otras funciones económicas (agricultura) y ambientales, para el caso de la Comunidad Valenciana, pero que puede ser tomado como ejemplo de un fenómeno extendido por las costas española.

3. ENFOQUE MULTICRITERIO PARA EVALUACIÓN DE MEDIDAS

La gestión de los recursos hídricos consiste en la gestión para la coincidencia entre el abastecimiento de agua y la demanda, siendo que, en muchas ocasiones, esta demanda es mayor 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 demanda⁴.

El artículo once de la 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 los análisis exigidos con arreglo al artículo cinco, con el fin de alcanzar los objetivos de buen estado ecológico. Estas medidas deberán ser sometidas a un análisis coste/eficacia teniendo en cuenta tanto el coste/beneficio financiero, como el social y ambiental. Las metodologías para este trabajo no están terminadas ni puestas a punto por la dificultad de integrar modelos hidro-geológicos con modelos económicos, y hacer esto accesible al público en general.

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).

⁴ Este tránsito no ocurre sin fricciones. Recordamos en este sentido las tensiones entorno a la Ley 10/2001 de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional (PHN), derogada por el Real Decreto Ley 2/2004 de 18 de Junio, tras el cambio de Gobierno. La polémica suscitó el enfrentamiento entre los dos principales partidos políticos y provocó el rechazo de gran parte de la sociedad en relación fundamentalmente al trasvase programado desde el río Ebro al Sureste español. Parte de los motivos de rechazo pueden consultarse en (Arrojo Agudo, 2001).

En relación con el agua, de la ya mencionada Declaración de Dublín emana la aceptación de que la implicación pública en todos los niveles de la toma de decisiones relativa a la gestión del agua, es tanto un objetivo en sí mismo como un elemento esencial de la gestión. Este mismo espíritu se encuentra en la redacción de la DMA: entre sus funciones adicionales se halla 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 territorial⁵.

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 ecológica⁶. 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 y 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.

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

⁵ Preámbulos 14, donde se supedita el éxito de la Directiva la participación del público incluido los usuarios; y 46, donde se pone de manifiesto la necesidad de facilitar información adecuada de las medidas previstas y su aplicación al público en general. Es en el artículo 14 de la Directiva donde se formaliza el carácter participativo de la misma. En él se insta a los Estados Miembros a fomentar la participación activa de todas las partes interesadas⁵ en la aplicación de la Directiva, en particular en la elaboración, revisión y actualización de los planes hidrológicos de Cuenca.

⁶ En junio de 2002 se celebró en Leipzig un simposio, auspiciado por la European Science Foundation, en el que se discutieron nuevas estrategias para la resolución de conflictos ambientales por considerarse, en la comunidad científica, las dudas de poder seguir resolviéndolos mediante el métodos tradicionales, como por ejemplo, los ofrecidos por el sistema jurídico actual. Para más detalles, consultar (Wittmer et al., 2006).

puesto de manifiesto que son necesarias técnicas más complejas en las que deben tenerse en cuenta asignación de preferencias (Trémolet Consulting, 2006). La guía WATECO para la implementación del análisis económico de la DMA (Comisión Europea, 2003), sugería la elaboración de un ranking de medidas en función del análisis coste eficacia, pero estudios nacionales de países como Reino Unido, Holanda y Alemania muestran, sin embargo, que son más útiles los enfoques en los que matrices complejas reflejan las características de las medidas, dejando que sean los agentes decisores (*stake-holders*) los que elijan en función de las preferencias sobre los criterios.

El informe comparativo de estas experiencias nacionales previas (Trémolet Consulting, 2006) sugiere que el enfoque de ranking de medidas tiene como ventaja su sencillez, pero con él se pierde información y además, traslada la decisión a los técnicos; mientras que el segundo enfoque, más complejo, puede ser mejorado a través de la asignación de los pesos o ponderaciones de los principales atributos. Los resultados presentados en este trabajo constituyen un primer paso en esta línea.

A continuación se presenta 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 in-put para la toma de decisiones. Para una introducción a la Teoría de la Decisión Multicriterio recomendamos la lectura de (1993).

APLICACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

El siguiente ejercicio utiliza el método analítico jerárquico (AHP) creado por Saaty (1980) que organiza problemas complejos utilizando un esquema jerárquico de tres niveles básicos: meta final, criterios de decisión y alternativas de actuación. Una vez establecida la jerarquía, se trata de obtener, dentro de cada nivel jerárquico, la importancia relativa o ponderación de cada elemento respecto al conjunto. Para ello, en lugar de pretender conseguir una comparación simultánea de todos los factores participantes en cada nivel, se interroga a los encuestados sobre la comparación de elementos por pares, expresando así el agente decisor la importancia relativa de cada elemento respecto a cada uno de los demás, dos a dos, mediante la escala que se presenta en la tabla 3.

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

Tabla 3. Escala básica de comparación por pares en AHP

Fuente: (1980).

Respondiendo por pares, cada encuestado genera una matriz (1) en la que a_{ij} representa el valor de la comparación entre el criterio i y el criterio j . Según la metodología de Saaty, los valores de las comparaciones por pares representan los ratios entre las ponderaciones concedidas a los correspondientes criterios por parte del agente decisor de modo que a_{ij} representa el valor de la comparación entre los pesos o importancia relativa que el decisor concede a los criterios (W_i y W_j) (2).

$$A = \begin{matrix} & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & a_{ij} & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{matrix} \quad (1)$$

donde

$$a_{ij} = W_i / W_j \quad (2)$$

El método analítico jerárquico se ha utilizado con anterioridad en la toma de decisiones en la planificación de los recursos naturales (Schmoldt y Peterson, 2000), (Schmoldt et al., 2001), (Reyna y Carderlls, 1999), (Aznar Bellver y Estruch Guitart, 2006), (Smith y Lantz, 2004) y los recursos agrarios (Gómez-Limón y Atancé, 2004) y (Calatrava et al., 2004). En cuanto a su aplicación a casos de gestión del agua, encontramos algunos trabajos previos en Srdjevic et al. (2002) quienes desarrollan un proceso de tres fases para evaluar las estrategias de gestión del agua a escala de cuenca, y Jaber y Moshan (2002) en el que se describe un sistema de apoyo a la decisión para la evaluación y selección de fuentes de recursos hídricos no convencionales en el río Jordan. No hemos encontrado en la revisión de la literatura una aplicación directa de AHP a la gestión hídrica en el ámbito europeo, por lo que consideramos que el ejercicio aquí realizado tiene un particular interés en tanto que se inserta en el proceso de aplicación de la DMA.

En nuestro ejercicio de valoración nos proponemos estimar la percepción social (en términos de preferencias) relativa a tres criterios (social, económico y ambiental) y seis subcriterios que intervienen en la gestión del agua y que aparecen recogidos en la figura 3. El objetivo de este ejercicio es hacer una primera aproximación a través de una técnica multicriterio que, como hemos mencionado, responde en una mayor medida a la vocación de participación pública y flexibilidad que emana de la Directiva, de la estimación de las preferencias sociales relativas a la gestión del agua para el caso del Guadalquivir. Esto supone una primera prueba que podrá servir de input a la legitimación de las medidas.

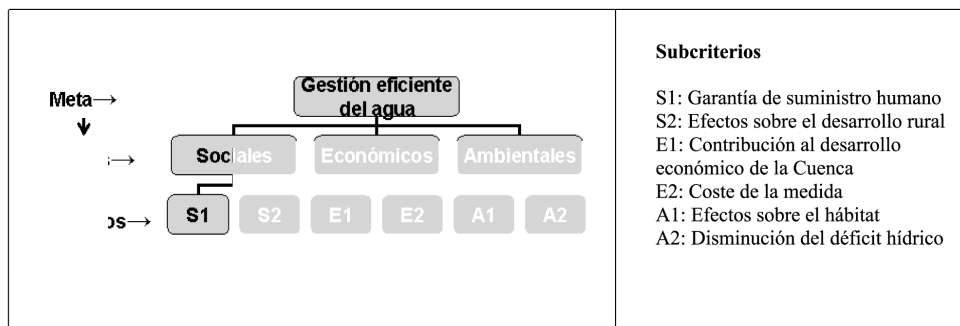


Figura 3. Jerarquía de criterios y subcriterios para la gestión eficiente del agua

Fuente: elaboración propia.

El ejercicio se realiza a través de un cuestionario formado por un primer bloque de preguntas relativo a la valoración de criterios que alimenta el modelo AHP, un segundo bloque relativo a características socio-demográficas del encuestado y un tercer bloque en el que se llevaron a cabo preguntas directas sobre la oportunidad de realización de ciertas medidas de gestión⁷. Se realizaron 200 encuestas, de las que 17 fueron descartadas por motivos de inconsistencia que se explican más adelante.

Para la determinación de la importancia relativa de cada uno de los criterios propuestos, los encuestados debieron realizar dos tipos de comparaciones: i) comparación por pares de los subcriterios y ii) comparación por pares de los criterios entre sí, generándose de este modo tres matrices 2x2 y una matriz 3x3, tal y como se representa en la figura 4, en la que W_i representa el peso otorgado por el encuestado al criterio i , y W_{i1} y W_{i2} representan los pesos otorgados por el encuestado a los dos subcriterios incluidos en el criterio i .

⁷ Concretamente, la pregunta formulada fue la siguiente: «¿podría indicarnos su opinión sobre la conveniencia de realizar las siguientes medidas para hacer frente a los problemas del agua?». Las opciones de respuesta debía elegirse de una escala de 1 a 5, donde 1 = muy conveniente y 5 = inconveniente. Las medidas de gestión propuestas fueron: construcción de embalses; control del consumo doméstico, urbano e industrial; realización de trasvases; reducción del regadío; mejora de la eficiencia de riego; aumento del precio del agua; control de la urbanización y desalación.

Subcriterios sociales			Subcriterios económicos			Subcriterios sociales		
	S1	S2		E1	E2		A1	A2
S1	Ws1/Ws1	Ws1/Ws2	E1	We1/We1	We1/We2	A1	Wa1/Wa1	Wa1/Wa2
S2	Ws2/Ws1	Ws2/Ws2	E2	We2/We1	We2/We2	A2	Wa2/Wa1	Wa2/Wa2
Criterios								
	S	E	A					
S	Ws/Ws	We/We	Wa/Wa					
E	We/Ws	We/We	We/Wa					
A	Wa/Ws	Wa/We	Wa/Wa					

Figura 4. Matrices de comparación de criterios y subcriterios.

Fuente: elaboración propia según el modelo de Saaty (1980).

Para obtener las ponderaciones representativas del conjunto de los encuestados, se ha elegido la agregación de ponderaciones individuales según el procedimiento sugerido por Forman y Peniwati (1998). Los autores propusieron que la agregación de juicios individuales (AJI) fuera utilizada cuando se asume que el grupo funciona como un nuevo y único individuo y que la agregación de prioridades (pesos) individuales (AIP) se utilizara cuando se asume que el grupo funciona como individuos separados e independientes. En esta investigación se busca la preferencia de la sociedad a través de la encuesta a personas individuales que en ningún momento han acordado una jerarquía común de análisis, por lo que se ha procedido a agregación AIP.

Para la agregación de las ponderaciones se ha utilizado el método de la media geométrica, ya que ésta se ve menos afectada por valores extremos que la media aritmética (Aull-Hyde et al., 2006). La metodología AHP sugiere que los pesos obtenidos en cada nivel jerárquico sumen la unidad, por ello las agregaciones de los pesos han sido normalizadas.

Se ha utilizado el mismo procedimiento para agregar los pesos de los subcriterios, que han sido posteriormente normalizados con respecto a la ponderación del nivel jerárquico superior del modo indicado en (4).

$$W_{j1}^n = W_j \cdot W_{j1}^n \tag{4}$$

Análisis de consistencia

Los datos fueron sometidos a $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ como prescriben (1985), a través del índice de consistencia (CI) reflejado en (3)⁸.

(3)

Donde n es el rango de la matriz y λ_{\max} es el valor propio máximo de la misma. Este índice de consistencia nos permite obtener el ratio de consistencia (CR) mediante su relación con un índice de consistencia de una matriz obtenida de forma aleatoria. De acuerdo con Saaty, el valor de CR debe ser igual o inferior a 10% para ser aceptable, tolerándose para algunos casos, ratios del 20%. Es importante hacer una clara distinción entre las consistencias individuales de los juicios emitidos por cada uno de los encuestados, y la consistencia agregada. Aull-Hyde et al. (2006) reflexionan sobre la consistencia de la matriz agregada en el caso de que existan inconsistencias en las ponderaciones individuales. Mediante un ejercicio de simulación, los autores demuestran que cuando la muestra es suficientemente amplia, es posible obtener niveles aceptables de inconsistencia en las matrices de comparaciones agregadas, a pesar de tener niveles de inconsciencia en un porcentaje elevado de las matrices de comparación de juicios individuales. De este modo, a la consistencia agregada le exigiremos que cumpla la condición $CR < 10\%$, mientras que para las consistencias individuales se ha sido menos exigente. En cualquier caso, se ha procedido al estudio del número de casos frente a los ratios de consistencia (figura 5 y tabla 4), observándose que más de un tercio de los casos presenta un CR inferior al 10%, y más de la mitad de casos están por debajo del 20%. Aquéllos casos con más de un 50% de inconsistencia, han sido eliminados del análisis.

En el caso de las ponderaciones agregadas, el índice de consistencia se ha estimado de la misma forma que para las ponderaciones individuales, obteniéndose los resultados que se recogen en la tabla 5.

De la tabla 7 se desprende una consistencia muy buena para la matriz agregada, confirmándose lo expuesto por Aull-Hyde et al. (2006).

⁸ Conviene señalar que el análisis de consistencia se hace exclusivamente para la matriz 3x3 que enfrenta a los criterios. Las tres matrices que enfrenta a los subcriterios tienen un rango de 2, por lo que el análisis de su consistencia no es necesario.

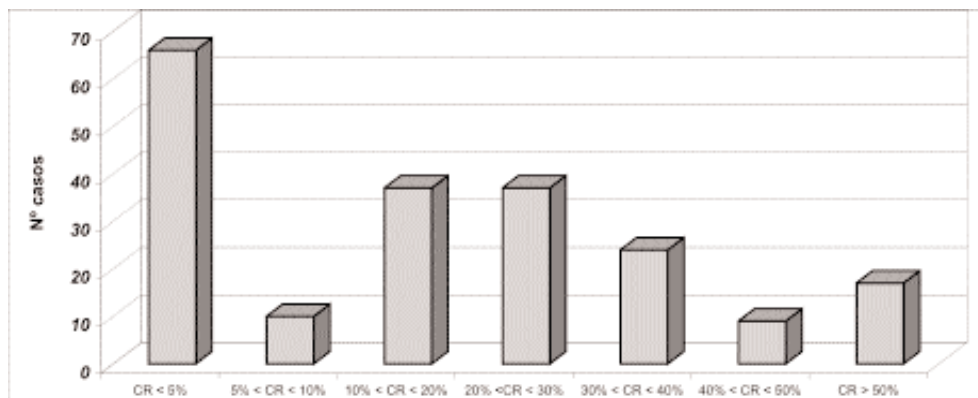


Figura 5. Análisis estadístico de los ratios de consistencia.

Fuente: elaboración propia.

	CR<5%	CR<10%	CR<20%	CR<30%	CR<40%	CR<50%	CR>50%
Casos	66	76	113	150	174	183	17
% s/total	33,0%	38,0%	56,5%	75,0%	87,0%	91,5%	8,5%

Tabla 4. Distribución de ratios de consistencia

Fuente: elaboración propia.

λ .max	CI	CR
3,005	0,002	0,40%

Tabla 5. Consistencia agregada ponderaciones agregadas.

Fuente: elaboración propia

4. RESULTADOS

De la caracterización económica de los usos del agua se desprende que la situación actual en la que se encuentra la explotación de los recursos hídricos en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir está rozando los límites superiores del escenario que generosamente podríamos considerar como prudente, con un consumo de cerca del 48% de los recursos renovables⁹. Sin embargo, y según las previsiones expuestas en este documento, la tendencia es que para el año 2015 se produzca el paso a una situación que se debería considerar como arriesgada (superior al 50%), y ello si se respetan estrictamente las previsiones de nuevos regadíos que marca el Plan Nacional de Regadíos. De no ser así, y continuar las extracciones 'ilegales', la situación nos llevaría a una explotación de los recursos renovables del 60%.

El problema más grave de la Cuenca es la escasez de recursos y, evidentemente, este problema cuantitativo agudiza el problema cualitativo (contaminación), ya que la capacidad de autogeneración y de sumidero de contaminantes del agua queda reducida. Así mismo, el aumento de la escasez agravará la competencia territorial por el recurso dentro del mismo sector (e.g. olivares frente a arrozales y transferencias a la Cuenca del Sur) o bien entre sectores: agrícola-urbano, agrícola-turístico.

Estos resultados llevan a la necesidad de plantear un nuevo modelo de gestión más sostenible, cuya base deberá realizarse a través del Programa de Medidas prescrito por la Directiva. Para que este programa de medidas esté legitimado, es necesario que se incluyan los criterios de preferencia social. Para el caso de la sociedad cordobesa, los resultados del ejercicio de análisis jerárquico nos indican, según lo expresado en la tabla 6, que la sociedad concede una importancia predominante al criterio social en la gestión del agua, de modo que éste debe ser considerado en una ponderación próxima al cincuenta por ciento en las decisiones. El resto de la decisión debe regirse por los otros dos criterios, entre los cuales, el criterio ambiental se perfila como más importante (31,5 frente al 21,2% del criterio económico). Pode-

	Ws	We	Wa
Media geométrica	0,378	0,169	0,252
Normalizada	0,473	0,212	0,315

mos considerar que estos resultados son coherentes con un proceso de toma de conciencia sobre los problemas ambientales relacionados con el agua.

Tabla 6. Pesos agregados concedidos por la sociedad a los criterios

Fuente: elaboración propia

⁹ El Plan Hidrológico de Cuenca (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 1999) estima los recursos naturales renovables en 8.072 Hm³/año (Guadalquivir 7.230 Hm³/año y Guadalete-Barbate 842 Hm³/año).

Nuestros resultados confirman esta creciente preocupación social por lo ambiental, lo cual reafirma la necesidad de incluir el valor ambiental (no de mercado) dentro de los procesos de decisión para la gestión. Conviene señalar, sin embargo, que esta tendencia de preocupación por los problemas ambientales no ha terminado, de momento, de solidificarse de forma mayoritaria el enfoque de demanda en la gestión hídrica. Resulta interesante señalar que estudios relativos a la percepción social de los andaluces sobre la cuestión hídrica (Moyano et al., 2004), encuentran que perdura el predominio de la preferencia por las medidas de oferta frente a los problemas del agua, enfatizándose de manera mayoritaria la necesidad de infraestructuras para el aumento de la oferta de agua. De hecho, en el tercer bloque de preguntas de nuestro cuestionario se preguntaba directamente por la oportunidad de las medidas de gestión, obteniéndose los siguientes resultados: cerca del 75% de los encuestados consideraron la realización de embalses como una medida conveniente o muy conveniente; casi un 68% consideró la realización de trasvases como conveniente o muy conveniente y sólo un 8% de encuestados encontraron estas medidas como poco convenientes o inconvenientes. La medida más popular entre los encuestados fue la mejora de la eficiencia de riego (95% conveniente o muy conveniente). La más impopular de las medidas fue el aumento del precio del agua, nombrado como poco conveniente o inconveniente en el 68,85% de las ocasiones.

Esto coincide, además, con los resultados del Ecobarómetro de Andalucía¹⁰, en el que se refleja que los andaluces, que consideran la falta de agua como uno de los principales problemas ambientales de Andalucía, prefieren (en un 46,9%) que se construyan más *pantanos* para mejorar la gestión del agua, seguida esta medida por del ahorro de agua en los hogares y el aprovechamiento del agua del mar (ambos en torno al 27%) y mejora del regadío (26%). Se confirma que el aumento del precio del agua tiene poca aceptación (1,4%), (Moyano y Jiménez, 2005).

Si analizamos los subcriterios (tabla 7), vemos cómo se produce una clara priorización de la garantía de agua para el abastecimiento humano como criterio para la gestión (33%), coincidiendo con los resultados de Moyano y Jiménez (2005). Este criterio es seguido por un conjunto de criterios relativamente próximos entre sí (con *pesos* entre 18 y 13,5%), entre los que destaca el criterio ecológico, relativo al mantenimiento del hábitat, seguido de criterios económicos y sociales, en los que prima el desarrollo general de la Cuenca, por encima del desarrollo rural y los efectos sociales a escala local. Finalmente, el criterio del coste es, con diferencia, el menos valorado (4,3%). Es decir, la preocupación por la cuestión hídrica parece tan importante que el coste de la medida de gestión aparece en un segundo plano.

¹⁰ El Ecobarómetro de Andalucía es un conjunto de estudios periódicos de las percepciones, actitudes, conocimientos y comportamientos de la población andaluza con respecto a los temas ambientales, realizado por el Instituto de Estudios Sociales de Andalucía, en convenio con la Junta de Andalucía. Se realiza anualmente desde 2001.

	Ws1	Ws2	We1	We2	Wa1	Wa2
Media geom.	0,620	0,272	0,727	0,188	0,451	0,334
Normalizada	0,695	0,305	0,795	0,205	0,574	0,426
	Ws1*	Ws2*	We1*	We2*	Wa1*	Wa2*
Ponderada	0,329	0,144	0,168	0,043	0,181	0,134

Tabla 7. Pesos agregados concedidos por la sociedad a los subcriterios

Fuente: elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Este estudio ilustra la gran dependencia de la Economía de la Demarcación del Guadalquivir del agua, que se encuentra en una situación donde ya se explota alrededor del 50% de los recursos renovables. Este alto nivel de aprovechamiento es incompatible, sobre todo en los ciclos de sequía, con los objetivos ambientales que la sociedad manifiesta, y que se deben recoger en la aplicación de la DMA

Desde el punto de vista científico, se debe todavía profundizar en muchos aspectos del problema de la gestión del agua en la cuenca: modelos biofísicos, modelos hidrológicos, modelos de impacto-respuesta, todo ello para poder prever la evolución del sistema así como las respuestas del sistema a las medidas de política que se acuerden.

En este contexto, es necesario desarrollar herramientas para la toma de decisiones y la participación pública, que permitan, en el contexto de elaboración del Programa de Medidas, introducir mecanismos de legitimación o validación social de la gestión. Los modelos multicriterio pueden ser una buena opción para poner en contacto los 'output' de los modelos de planificación medidos en términos de indicadores más o menos cuantitativos, con las prioridades sociales que son de naturaleza difusa e intuitiva. El dialogo entre técnicos y sociedad es un ámbito complejo pero imprescindible para una participación pública que no sea un mero conflicto de intereses desde posiciones de defensa de privilegios o puntos de vista radicales.

El ejercicio de valoración presentado en este artículo, supone una primera prueba de exploración de esta vía, en la que se trata de estimar la percepción social (en términos de preferencias) relativa a tres criterios (social, económico y ambiental) y subcriterios que intervienen en la gestión del agua, poniéndose de manifiesto la particular relevancia del criterio ambiental en este contexto, que debe ser objeto de un estudio más profundo en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Carlos Gutiérrez Martín y Pascual Mesa Ordoñez por su aportación a la obtención y tratamiento de algunos de los resultados presentados en este artículo, así como al Dr. José Antonio Gómez-Limón por sus consejos.

Los datos presentados en este artículo han sido obtenidos gracias a la financiación del Ministerio de Educación y Ciencia a través del Proyecto *Cuantificación de la multifuncionalidad (externalidades ambientales y sociales) producida por los sistemas agrarios* (AGL-2003-07446-C03-02) del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003.

BIBLIOGRAFÍA

- ARROJO AGUDO, P. C. (2001): El Plan Hidrológico Nacional a debate Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao.
- 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 Tahi. VI Coloquio Ibérico de Estudios Rurales.
- BERBEL, J. y GUTIÉRREZ, C. (2004a): Sustainability of European Irrigated Agriculture under Water Framework Directive and Agenda 2000. Office of Publications of the European Community, Bruselas.
- BERBEL, J. y GUTIÉRREZ, C. (2004b): I Estudio de sostenibilidad del regadío en el Guadalquivir. FERAGUA.
- BERBEL, J.; GUTIÉRREZ, C. y MARTÍN-ORTEGA, J. (2006): Escenarios de evolución. Análisis económico del regadío. Fundación de Estudios Rurales, 133-143.
- BIROL, E.; KAROUSAKIS, K y KOUNDOURI, P. (2006): Using economic valuation techniques to inform water resources management: a survey and critical appraisal of available techniques and applications. *Science of the Total Environment*.
- CALATRAVA, J.; PARRA, C. y HARO, T. (2004): Evaluación comparativa multifuncional de sistemas agrarios mediante AHP: aplicación al olivar ecológico, integrado y convencional en Andalucía. *Economía Agraria y de los Recursos Naturales*, 9:27-56.
- 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).
- CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE AGUA Y MEDIO AMBIENTE, (1992): Declaración de Dublín. Dublín.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEIL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.; SUTTON, R. y VAN DEN BELT, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253-260.

- 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 ATANCÉ, I.(2004): Identification of public objectives related to agricultural sector support. *Journal of Policy Modelling*, 27:1045-1071.
- GREEN, C. (2003): *Water Economics, principles and practice* Wiley, West Sussex.
- JABER, J. O. y MOHSEN, M. (2002): Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan. *Desalination*, 136:83-92.
- MARTÍN-ORTEGA, J. y BERBEL VECINO, J. (2005a): Metodología para el análisis de presiones y tendencias de consumo doméstico de agua en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. en: J. A. López Geta, J. C. Rubio Campos, y M. Martín Machuca (ed.), VI Simposio del Agua de Andalucía.Madrid, pp. 563-574.
- MARTÍN-ORTEGA, J. y BERBEL VECINO, J. (2005b): Metodología para la caracterización económica del uso industrial del agua bajo la aplicación de la Directiva Marco de Agua en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. en: J. A. López Geta, J. C. Rubio Campos, y M. Martín Machuca (ed.), VI Simposio del Agua de Andalucía.Madrid, pp. 561-574.
- MEINZEN-DICK, R. (1997): Valuing the multiple uses of irrigation water. en: M.Kay, T.Franks, y L.Smith (ed.), *Water: Economics, Management and Demand*. E & FN SPON, pp. 50-58.
- MENÉNDEZ PRIETO, M. (2004): El proceso de participación pública según la Directiva Marco del Agua. en: Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (ed.), *Jornadas sobre La Aplicación de la Directiva Marco del Agua*.
- MOYANO, E.; GARRIDO, F.; NAVARRO, C. y BURZA, B. (2004): La cuestión hídrica en Andalucía: actitudes y valores de los andaluces respecto al problema del agua. *Revista de Estudios Regionales*, 70:85-116.
- MOYANO, E. y JIMÉNEZ, M. (2005): Los andaluces y el medio ambiente. *El Ecobarómetro de Andalucía*. en: IESA-CSIC (ed.).
- PEARCE, D. W. y TURNER, R. K. (1995): *Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente* Colegio de Economistas de Madrid, Madrid.
- PERRY, C. J., ROCK, M. y SECKLER, D. (1997): Water as an economic good: a solution, or a problem? en: M.Kay, T.Franks, y L.Smith (ed.), *Water: Economics, Management and Demand*. E & FN Spon, Londres, pp. 3-11.
- RENN, O.; WEBLER, T. y WINPENNY, J. T. (1995): *Fairness and Competence in Citizen Participation: Evaluating models for environmental discourse* Kluwer (Springer).
- REYNA, S. y CARDERLLS, F. (1999): Valoración AHP de los ecosistemas naturales de la Comunidad Valenciana. *Revista Valenciana d'Etudis Autonòmics*, 27:153-177.
- RICO AMORÓS, A. (2002): Insuficiencia de recursos hídricos y competencia de usos en la Comunidad Valenciana. *Boletín de la A. G. E.*, 33:23-50.
- ROMERO, C. (1993): *Teoría de la decisión multicriterio. Concepto, técnicas y aplicaciones* Alianza Editorial, Madrid.
- SAATY, T. L. (1980): *The Analytic Hierachy Process* McGraw-Hill, New 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.

- SCHMOLDT, L.; KANGAS, J.; MENDOZA, G. A. y PESONEN, M. E. (2001): The Analytic Hierarchy Process in Natural Resources and Environment Decision Making Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- SCHMOLDT, L. y PETERSON, L. (2000): Analytical Group Decision Making in Natural Resources: Methodology and Application. *Forest Science*, 46:62-75.
- SMITH, H. y LANTZ, V. (2004): Examining public opinion on forest values and management. Sussex.
- SRDJEVIC. B.; MEDEIROS, Y.; SRDJEVIC, Z. y SCHAER, M. (2002): Evaluating Management Strategies in Paraguacu River Integrated Assessment and Decision Support. en: Andrea E., A Rizzoli, and J Jakeman (ed.), 1st Biennial Meeting of the iEMSs.
- Wittmer H., F. Rauschamyer, y B. Klauer, (2006). How to select instruments for the resolution of environmental conflicts? *Land Use Policy*, 23:1-9.