

Valoración económica de los fallos de suministro de agua en las unidades de demanda agraria de la cuenca del Segura

Pedro Ruiz-Campuzano^{1*}, Ángel Perni¹, Francisco Martínez-Pellicer², José Miguel Martínez-Paz^{1,2}

¹Departamento de Economía Aplicada, Facultad de Economía y Empresa, Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia CP. 30100.

²Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente (INUAMA), Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia CP. 30100.

* correspondencia: pedro.ruiz3@um.es

Resumen

El agua es un recurso natural esencial para el desarrollo de la actividad humana, especialmente limitante para la agricultura de regadío en regiones donde la escasez de agua es un tema crítico, como es el caso de las cuencas mediterráneas. La condición de escaso confiere al recurso hídrico la propiedad de bien económico susceptible de múltiples usos. La Directiva Marco del Agua aboga por la aplicación de instrumentos y herramientas de análisis económico para lograr una asignación eficiente del agua que permita satisfacer necesidades humanas a la vez que se garantiza el buen estado ecológico de las masas de agua. El objetivo de este trabajo es estimar el valor económico de los fallos de suministro de agua, entendidos como la diferencia entre el agua demandada y la disponibilidad real, en el sector agrario de la cuenca del Segura. La metodología empleada se basa en (i) la estimación de curvas de demanda de agua obtenidas a partir de la modelización del sistema de cultivos de regadío de la cuenca, mediante programación matemática lineal; y (ii) en la modelización de la red de flujo de la cuenca mediante un Sistema de Soporte a la Decisión que permite optimizar la satisfacción de las demandas bajo distintos escenarios de disponibilidad del recurso. Los resultados muestran que los fallos de suministro de agua en el sector agrario se acentuarán en el tiempo, con un mayor impacto económico en las áreas de agricultura intensiva del litoral. Por último, este trabajo pone de relieve la importancia del trasvase Tajo-Segura para la cuenca, cuya aportación económica anual, en términos de margen bruto directo, se estima en 253 millones de euros.

Abstract

Water is an essential natural resource for the development of human activity, especially limiting for irrigated agriculture in regions where water scarcity is a critical issue, as is the case of the Mediterranean basins. Scarcity confers the condition of economic good to water, which can be allocated to multiple uses. The Water Framework Directive calls for the implementation of economic instruments and tools to achieve an efficient allocation of water that allows satisfying both human needs and ecological requirements of water bodies. The aim of this paper is to estimate the economic value of water supply outages in the agricultural sector of the Segura river basin. Water supply outages are defined here as the difference between water and real availability demanded. The methodology is based on (i) the estimation of water demand curves obtained from the system modeling of irrigated crops in the basin, through linear mathematical programming, and on (ii) the modeling of the flow network of the basin by a Decision Support System that optimizes the satisfaction of the water demands under different scenarios of resource availability. The results show that the water supply failures in the agricultural sector will widen over time, with a greater economic impact on intensive agricultural areas of the coast. Finally, this work highlights the importance of the Tajo-Segura transfer, whose annual economic contribution is about 253 million euros in terms of direct gross margin.

Palabras clave: valoración económica, recursos hídricos, fallo de suministro, agricultura de regadío, programación matemática, trasvase Tajo-Segura

Introducción

El agua es un recurso natural esencial para el desarrollo de la actividad humana, especialmente limitante para la agricultura de regadío de regiones donde la escasez de agua es un tema crítico, como es el caso de la cuenca del Segura. La buena calidad de los suelos y la idoneidad del clima de esta cuenca han favorecido la duplicación de la superficie de regadío en las tres últimas décadas. Este hecho, junto al incremento de la población, ha dado lugar a unas demandas de agua

superiores a la disponibilidad del recurso en régimen natural que han provocado un continuo deterioro en la calidad de los ecosistemas acuáticos.

En este contexto de deterioro del recurso agua, que se repite a lo largo de Europa, fue aprobada la Directiva Marco del Agua, DMA (DOCE 2000). La DMA aboga por la aplicación de principios, herramientas e instrumentos económicos para lograr una gestión eficiente del agua, basada en la satisfacción de necesidades humanas a la vez que se garantiza el buen estado de los ecosistemas acuáticos. En este sentido, el Análisis Económico puede ayudar en la toma de decisiones en regiones con escasez de agua como es el caso de la cuenca del Segura, donde la continuada situación de déficit hídrico genera conflictos entre los usuarios del agua, dando lugar a impactos económicos, sociales y ambientales.

El objetivo de este trabajo es estimar el valor económico de los fallos de suministro de agua, entendidos como la diferencia entre el agua demandada y la disponibilidad real, en el sector agrario de la cuenca del Segura. La metodología de esta investigación se basa en (i) la estimación de curvas de demanda de agua obtenidas a partir de la modelización del sistema de cultivos de regadío de la cuenca; y (ii) en la modelización de la red de flujo de la cuenca mediante un Sistema de Soporte a la Decisión que permite optimizar la satisfacción de las demandas. La contribución del enfoque adoptado reside en la incorporación en un mismo análisis de dos aspectos clave para el planificador: el comportamiento de los sistemas agrarios y el de la red de flujo de una cuenca ante cambios en la disponibilidad de agua.

La modelización del sistema de cultivos se ha realizado mediante programación lineal basada en el uso de modelos de asignación de superficie, agua y otros factores de producción, entre distintas actividades de cultivo, siendo su principal ventaja la cantidad de información técnica y económica que permite manejar (Young 2005). En este campo, existen numerosos precedentes centrados en funciones de producción con las que se realizan análisis económicos del uso agrario del agua en nuestro país. Por ejemplo, Maestu & Gómez (2008), realizan una estimación del margen neto medio por metro cúbico de agua en todas las comarcas españolas; o Gil et al. (2009) abordan el análisis econométrico del uso agrario del agua por provincias.

La detección de los fallos de suministro de agua se ha realizado utilizando el Sistema de Soporte de Decisión (SSD) Aquatool – Optiges, que permite estudiar y cuantificar el rendimiento de una cuenca frente a distintas actuaciones, optimizando la satisfacción de las demandas de acuerdo con unas hipótesis, objetivos y restricciones de partida (Andreu 1992). De esta forma, es posible estudiar los efectos de distintos escenarios de disponibilidad de agua, empleándose en este trabajo los propuestos en la Instrucción de Planificación Hidrológica, IPH (MARM 2008). Como valor añadido, cabe destacar la evaluación del impacto económico de la supresión del trasvase Tajo-Segura (ATS) en el año 2015. Este análisis es especialmente oportuno en el actual proceso de planificación hidrológica, caracterizado por un intenso y conflictivo debate entre los responsables de la gestión del agua de las cuencas del Segura y del Tajo, así como del Estado.

En este campo, los antecedentes en trabajos para el análisis de los fallos de suministro no se centran en la predicción, sino en su valoración una vez ocurridos. Este es el caso del trabajo de Marqués (1998) que analiza los fallos estructurales que agravaron los efectos de la sequía de principios de los noventa, o del trabajo de Del Campo (2008), en el que pone de manifiesto las graves consecuencias económicas, sociales y ambientales de las sequías en el sector agrícola. Un enfoque diferente, es el aplicado por Calatrava & Martínez-Granados (2012) que abordan el análisis del valor de uso del agua de regadío en la cuenca y en las zonas regables del ATS basándose en la modelización de sistemas agrarios y el análisis de los efectos de escasez del recurso bajo diferentes supuestos de disponibilidad del recurso fijados por el analista.

Material y métodos

Caracterización de la cuenca del Segura

La Figura 1 muestra las unidades de análisis en las que se ha dividido la cuenca del Segura en este trabajo, denominadas “Unidades de Demanda Agrarias Agregadas” (UDAAs). Éstas han sido obtenidas mediante la agregación de las 64 Unidades de Demanda Agraria establecidas en el Plan

Hidrológico de la Cuenca del Segura, PHCS (CHS 1998). Esta agregación obedece a criterios de proximidad geográfica, orígenes de las aguas de riego y tipos de cultivo.

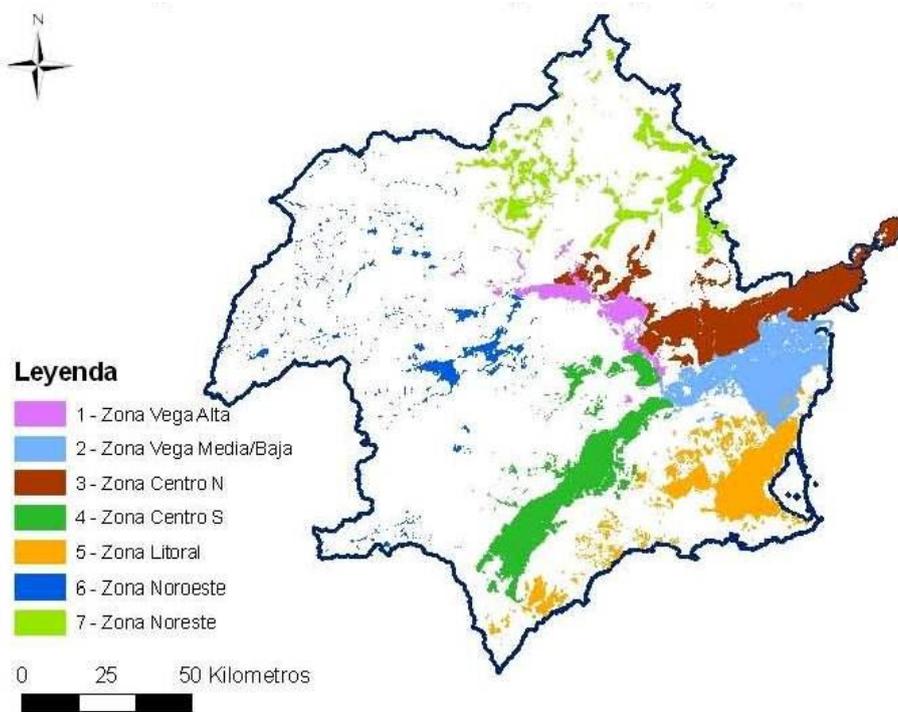


Figura 1. Unidades de Demanda Agraria Agregadas (UDAAs).

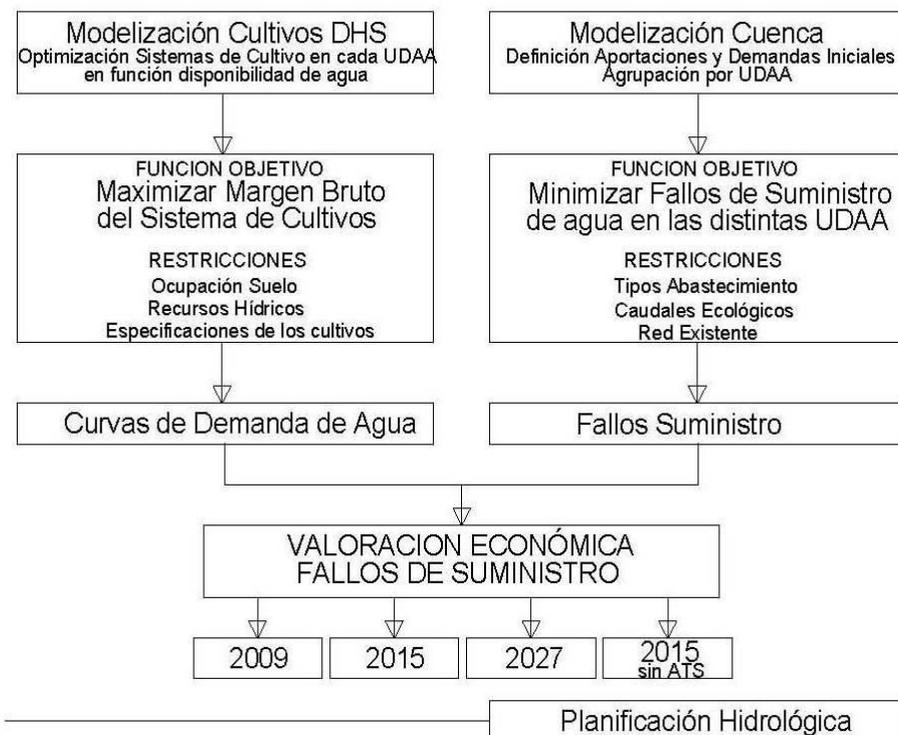


Figura 2. Marco metodológico general.

El resumen de las superficies y demandas resultantes se muestra en la Tabla 1, con valores en bruto y neto. La superficie bruta refleja toda el área considerada como agraria a efectos de planificación, mientras que la superficie neta se circunscribe a la superficie realmente cultivable, descartando el porcentaje de superficies improductivas o de concentración parcelaria, y teniendo en cuenta los efectos de rotación de tierras, coyunturas hídricas y abandono de cultivos, así como los desplazamientos y movilidad de los riegos dentro de un mismo perímetro. De igual forma, los recursos hídricos se distinguen en brutos (disponibilidad de agua en origen de cauces principales y redes primarias) y netos (disponibilidad de agua en origen de redes secundarias). Los valores netos se obtienen incorporando el efecto de las pérdidas de las redes de conducción y distribución del agua a los valores brutos.

La metodología empleada para la valoración del impacto económico de los fallos de suministro en demandas agrarias parte de la combinación de dos problemas de modelización (Fig. 2). Por un lado, se ha realizado la modelización de los sistemas de cultivo de la cuenca del Segura, para obtener el valor marginal del agua en cada UDAA en función de la disponibilidad del recurso. Por otro lado, se ha modelizado el funcionamiento de la red de flujo de la cuenca, con el objetivo de cuantificar, en términos de volumen anual, los fallos de suministro de agua en las UDAA consideradas en los diferentes escenarios recogidos en la IPH, además de en el escenario adicional, 2015 sin ATS, empleado para poner en valor el impacto económico que supondría el cese de los caudales trasvasados desde el ATS.

Tabla 1. Características de las UDAA.

UDAA	Superficie bruta (ha)	Superficie neta (ha)	Demanda bruta (hm ³ /año)	Demanda neta (hm ³ /año)
1 Vega Alta	30.644,00	21.285,75	160,46	136,38
2 Vega Media	80.363,00	48.713,29	309,91	263,41
3 Centro Norte	84.950,00	47.000,61	283,35	243,58
4 Centro Sur	84.636,00	52.389,93	310,48	267,00
5 Litoral	85.708,00	46.261,64	282,54	256,78
6 Noroeste	31.357,00	21.544,26	122,79	93,18
7 Noreste	60.291,00	31.833,31	123,69	103,12
DHS	457.949,00	269.028,79	1.593,22	1.363,45

Modelo de optimización de superficies de cultivos

El sistema de cultivos en cada UDAA se ha modelizado mediante un programa de optimización lineal monocriterio que asigna superficie y agua, así como otros factores de producción, entre distintas actividades de cultivo con el objeto de encontrar la mejor alternativa, y desde este punto, realizar la derivación de la curva de demanda de agua.

El objetivo de esta modelización es maximizar el margen bruto en cada UDAA, resultante de la diferencia entre los ingresos y los costes variables para cada cultivo, siendo este uno de los indicadores más utilizados a la hora de analizar la rentabilidad de las explotaciones agrarias dado que se dispone de un nivel de información suficientemente desagregado (Martínez-Paz 2003).

Para facilitar el análisis, se ha realizado una agrupación de los grupos de cultivos habitualmente considerados por la CHS en sus planes (CHS 1998 y 2007), obteniendo un total de quince grupos, número suficiente para alcanzar un equilibrio óptimo entre el nivel de detalle, la complejidad del modelo y la accesibilidad a la información técnica requerida.

La función objetivo resultante es la suma del margen bruto de todos los grupos de cultivo en cada UDAA, expresada de la siguiente manera:

$$FO = \text{Maximizar } MB_{UDAA} = \sum_{i=1}^{i=26} MB_i \cdot S_i$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

- | | | |
|-----|--|---|
| (1) | $\sum_{i=1}^{i=26} S_i = S_T$ | Tamaño de la UDAA modelada |
| (2) | $\sum_{i=1}^n Q_i \cdot S_i \leq Q_T$ | Disponibilidad de agua |
| (3) | $S_i^R + S_i^S = S_i^E \quad \forall i = 1, 13, 15$ | Superficie de cultivos leñosos que pueden pasar de regadío a secano |
| (4) | $S_i^R + S_i^M + S_i^P = S_i^E \quad \forall i = 5, 8$ | Superficie de cultivos leñosos que precisan riego de mantenimiento |
| (5) | $S_i^I \leq S_i^E \quad \forall i = 10$ | Superficie de invernaderos |
| (6) | $S_i \geq 0 \quad Q_i \geq 0$ | No negatividad |

Siendo:

- i Grupo de cultivo.
- S_i Superficie (ha) a dedicar a cada grupo cultivo.
- S_T Superficie de la UDAA modelada
- MB_i Margen bruto (€/ha) de cada grupo cultivo (i).
- Q_i Consumo de agua (m³/ha) de cada grupo de cultivo (i).
- Q_T Disponibilidad de agua (m³/ha) para toda la campaña.
- S_i^R Superficie (ha) de leñosos de regadío.
- S_i^S Superficie (ha) de leñosos de secano.
- S_i^M Superficie (ha) de leñosos mantenida en riego deficitario.
- S_i^P Superficie (ha) de leñosos arrancada.
- S_i^I Superficie (ha) de invernaderos en regadío existentes.
- S_i^E Superficie (ha) existente de cada grupo cultivo (i) en la DHS.

La restricción (1) impide que en cada UDAA se cultive más de la superficie neta disponible. La restricción (2) representa la limitación existente en la disponibilidad de agua para cada UDAA. El conjunto de restricciones definidas en la expresiones (3), (4) y (5) incluyen especificidades de cada grupo de cultivo, dando como resultado un total de 26 variables de decisión S_i . Así, la restricción (3) pone de manifiesto que la superficie total de cultivos leñosos tales como almendro, olivo y vid de vino, se mantiene inalterable para cada UDAA, distribuyéndose en función de la disponibilidad de agua, entre regadío y secano. En el caso de la restricción (4), de igual forma, se pone de manifiesto que en el caso de los cítricos y frutales también se mantiene inalterable la superficie total, incorporando en este caso dos nuevas variables que determinan la superficie que necesita de riegos de mantenimiento en caso de escasez de agua, y la que se pierde por no poder realizar dicho riego. En el caso de la restricción (5) se quiere poner de manifiesto que la superficie destinada a cultivos de invernadero presenta una limitación en cuanto a las instalaciones existentes (superficie de invernaderos construidos). Por último, la restricciones de no negatividad recogidas en la expresión (6) impiden que el modelo asigne valores negativos a la superficie de cada cultivo y de uso de agua en cada fuente de suministro.

Una vez realizada la modelización, las curvas de demanda de agua se obtienen con el "Método de las Restricciones", que tiene su fundamento en la obtención de los valores de los precios sombra de la restricción consumo de agua (PSA). El PSA en un programa lineal es la variación de la función objetivo cuando varía en una unidad la disponibilidad en alguna de las

restricciones activas del problema. Esta definición de PSA es la misma que se emplea para describir el concepto de valor marginal del agua en la producción (VMg), de forma tal que el par de valores (VMg, Q) constituyen las “curvas de demanda de agua”, expresadas como $VMg = f(Q)$ (Griffin 2006).

Para la resolución del programa lineal presentado es necesario establecer el rango de la variable disponibilidad de agua. Para ello, se realiza una parametrización positiva, que consiste en la obtención del intervalo de recorrido de los parámetros a partir de la información disponible sobre la zona estudiada, siempre considerando su condición de restricción, es decir, de máximo de la dotación posible (Martínez-Paz 2003). En este caso, el rango empleado de disponibilidad de agua será desde cero hasta un 120% de la demanda neta estimada por la CHS para cada UDAA.

Fuentes de datos

Los datos relativos a la distribución de las superficies de los grupos de cultivos y las demandas de agua se han obtenido a partir de los Planes e Informes elaborados por la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS 2007, 2009 y 2013), ajustados a partir de la información contenida en el Censo Agrario de 2009 (INE 2009), en los resultados de *La encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos* de diferentes años (MARM 2008a, 2009a y 2010a) y en la aplicación *Corine Land Cover 2000* (EEA 2006).

Los consumos de agua se han tomado de los datos del “Anejo III” del Plan Especial de Sequía (CHS 2007).

El Margen Bruto se ha determinado a partir de los datos de rendimiento, precios percibidos y costes, actualizados al año de referencia 2009.

Los rendimientos se han tomado de las ya mencionadas *Encuestas sobre superficies y rendimientos de cultivos* y de los *Anuarios de Estadística* del Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (MARM 2008b y 2009b) [24]. Los precios percibidos se han obtenido de la serie de precios medios anuales para el período 1998-2009 en la Región de Murcia, publicados por el Servicio de Estadística Agraria Regional de la Consejería de Agricultura de la Región de Murcia (CREM 2012). En cuanto a los costes de producción se han establecido a partir de la consulta de distintas fuentes, tales como el Libro Blanco de la Agricultura (MAPA 2003), Análisis de la Campaña Hortofrutícola de la Región de Murcia 2009-2010 (Arcas et al. 2011), *informes sobre costes de producción de cultivos* en Andalucía y Comunidad Valenciana (MARM 2010b y 2010c), el *Plan de Desarrollo Rural de la Región de Murcia para el periodo 2007-2013* (CARM 2007), y otros trabajos anteriores como los de Albiac & Tapia (2001) y García-Brenes (2004).

Modelización de la cuenca mediante el sistema de soporte a la decisión aquatool - optiges

Para la modelización de red de flujo de la cuenca se emplea el SSD, concretamente su módulo de optimización Optiges. Este SSD incluye módulos de optimización, simulación y análisis de riesgo, utilizados para la optimización de sistemas de recursos hídricos en la elaboración del Libro Blanco del Agua (MMA 1998) y en el Plan Hidrológico Nacional, PHN (MMA 2001).

Optiges permite simplificar la red de flujo de la cuenca mediante un conjunto de elementos que simulan las infraestructuras y las conexiones existentes en un sistema de explotación de recursos hídricos, optimizando la satisfacción de las demandas

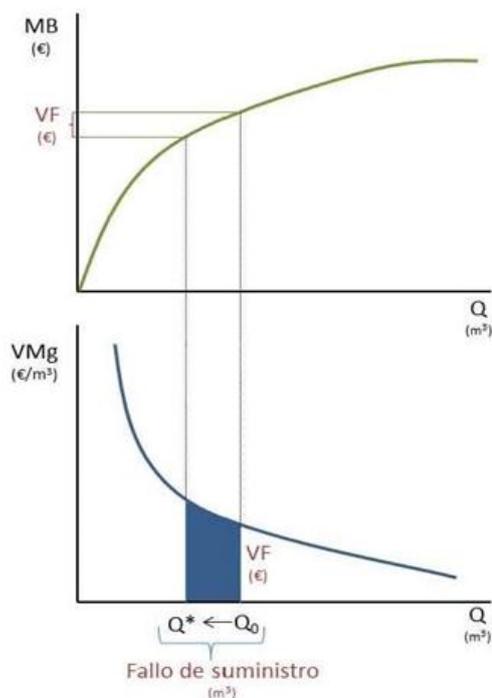


Figura 3. Curvas de Margen Bruto y Valor Marginal empleadas para valoración de fallos de suministro de agua en cada UDAA.

del sistema de recursos hídricos que representa, de acuerdo con unas hipótesis, objetivos y restricciones de partida, empleando variables hidrológicas a escala mensual (Andreu 1992).

Como resultado de la optimización, Optiges calcula los volúmenes de agua suministrados en cada UDAA para la serie temporal considerada. A partir de estos datos, se obtiene los fallos de suministro promedio así como los déficits máximos.

El esquema de partida para la simulación de la cuenca se ha elaborado a partir del recogido en el “Análisis de los sistemas hidráulicos” del PHN, así como en el PHCS, introduciendo algunas modificaciones por la aparición de nuevas infraestructuras y cambios de demandas, recogidas en documentos más recientes como el Plan de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía en la cuenca del Segura (CHS 2007a), el Estudio General de la Demarcación (CHS 2007b) o el Esquema de Temas Importantes (CHS 2013).

Valoración económica de los fallos de suministro de agua en demandas agrarias

Como se ha comentado anteriormente, en este trabajo se han evaluado los escenarios propuestos en la IPH. El primero se corresponde con el año 2009, tomado como punto de partida para la nueva planificación hidrológica, y que incluye los usos actuales del agua en la cuenca. El segundo simula los usos del agua esperados para el año 2015, teniendo en cuenta las previsiones de aumento en la demanda resultante del crecimiento poblacional. Y el tercero, 2027, tiene como objetivo principal analizar los efectos del cambio climático. Como valor adicional, se ha incorporado un cuarto escenario que simula el cese del ATS en el año 2015, siendo su objetivo poner en valor la importancia socioeconómica del mismo.

Las modificaciones en las demandas incorporadas al modelo en los diferentes escenarios son las siguientes: las de tipo agrario se consideran constantes dado que no es posible un aumento significativo de la superficie cultivada, y en todo caso, sí que puede producirse una disminución de la misma debido a cambios de usos de suelo; en las UDUs se han considerado aumentos en proporción al crecimiento poblacional; y por último, las demandas ambientales se han considerado constantes, constituyendo las principales restricciones del sistema. El resumen de las características principales de los cuatro escenarios se refleja en la Tabla 2.

La valoración económica de los fallos de suministro de agua en las demandas agrarias se realizará por combinación de las curvas de demanda de agua, obtenidas a partir de la función de producción del sistema de cultivo en cada UDAA, con los fallos de suministro obtenidos de Optiges. Las curvas de demanda de agua obtenidas de la función de producción del sistema de cultivos determinarán la relación entre el valor económico del agua y la cantidad disponible de ésta, y el Optiges determinará, para cada escenario, la cantidad de agua disponible y los fallos de suministro. El resultado de esta transformación puede apreciarse en la Figura 3.

Resultados y discusión

Resultados de la modelización de superficies de cultivos

La Tabla 3 recoge los valores de margen bruto total y por hectárea obtenidos de la modelización de la superficie de cultivos. También muestra el valor marginal del agua en cada UDA cuando la disponibilidad de recursos hídricos es igual a la demanda neta establecida por la CHS.

Las zonas que mayor valor del agua presentan son aquellas en las que se concentran la horticultura intensiva. Así, el mayor valor marginal del agua se da en la UDAA 5 – Litoral, seguido de las UDAA 3 – Centro y UDAA 1 – Vega Alta. La diferencia entre estas UDAAs se produce por la concentración de invernaderos existente en la UDAA 5.

En el extremo opuesto, los valores mínimos se localizan en la UDAA 6 – Noroeste y UDAA 7 – Noreste, resultado lógico si se tiene en cuenta que en estas la horticultura no obtiene los mismos rendimientos, y que son los frutales o la vid de vino, en el caso del Noreste, los que toman mayor peso. No obstante, la diferencia observada entre ambas UDAAs, pone de manifiesto, por un lado, el desarrollo que está teniendo en los últimos años la horticultura en la UDAA 6 con el consiguiente aumento en su valor marginal, y por otro, el peso que los cultivos de vid de vino tienen en la UDAA 7, en la cual a pesar del bajo valor del agua obtenido, han de tenerse en cuenta los beneficios adicionales que esta genera asociados a la producción vinícola.

Tabla 2. Escenarios.

Escenario	Oferta	Demanda
2009	Aportaciones históricas + ATS	Demandas actuales
2015	Aportaciones históricas + ATS	Se incorpora aumento de la demanda urbana respecto al año 2009
2027	Aportaciones históricas (se aplica una reducción del 11% respecto al año 2015 por efectos del cambio climático) + ATS	Se incorpora aumento de la demanda urbana respecto al año 2015
2015 sin ATS	Aportaciones históricas	Ídem al año 2015

Tabla 3. Margen Bruto y Valor Marginal del Agua por UDAA.

UDAA	MB Total (10 ³ €)	MB Unitario (€/ha)	VMg (€/m ³)
1 Vega Alta	142.159	6.679	1,17
2 Vega Media	211.579	4.343	0,95
3 Centro Norte	320.953	6.829	1,22
4 Centro Sur	378.702	7.229	1,05
5 Litoral	334.878	7.239	1,27
6 Noroeste	98.756	4.584	0,70
7 Noreste	109.474	3.439	0,45

Resultados de la optimización de la cuenca

1) Fallos de suministro en los escenarios 2009, 2015 y 2027

La Figura 4 muestra los valores promedios y máximos de los fallos de suministro de agua en cada UDAA para los tres escenarios analizados.

En el Escenario 2009, la UDAA 7 presenta el fallo más elevado, lo que se debe a su menor capacidad de hacer frente a eventos extremos por el bajo porcentaje que las aguas superficiales tienen en sus aportaciones, dónde son las aguas subterráneas la que tienen mayor relevancia. Por el contrario, el valor mínimo se observa en la UDAA 6. Cabe destacar el buen comportamiento mostrado por las UDAA 3 y 5, en ambos casos con valores de suministro por encima del 95% respecto a lo demandado, lo cual obedece a las aportaciones recibidas del ATS.

En el Escenario 2015 se aprecia que todos los fallos aumentan respecto del Escenario 2009, localizándose los máximos y mínimos en las mismas UDAA antes mencionadas. Estos resultados muestran la presión que el aumento poblacional tiene sobre el conjunto de la demanda de agua, afectando a los suministros agrarios en la medida de que la única forma de mantener los niveles de garantía en el suministro de las UDUs es reducir lo suministrado en las UDAA. Esto puede apreciarse en que los mayores aumentos se producen en la UDAA 1, UDAA 2 – Vega Media y UDAA 5, que son las que concentran los mayores núcleos de población.

En el Escenario 2027, los valores promedio sufren incrementos importantes respecto a los escenarios anteriores, desplazándose los valores más elevados hacia las UDAA 1 y 5, y el mínimo a la UDAA 3; mientras que los valores máximos ponen de manifiesto que las zonas más cercanas al litoral son más vulnerables a los periodos de sequía que las que se localizan hacia el interior.

En ambos casos, se evidencia la presión que de forma indirecta tiene el aumento poblacional sobre la satisfacción de la demanda agraria, pues al considerar la reducción del 11% en las aportaciones, debido a los efectos del cambio climático, la única forma de mantener las garantías de suministro a la población es trasvasar agua desde las UDAA a las UDUs, lo que conlleva el aumento en los fallos de suministro de las primeras. Al igual que en el Escenario 2015,

puede apreciarse que los mayores aumentos en los fallos de suministro de agua se producen en las UDAA que concentran los mayores núcleos de población.

2) Fallos de suministro por cese del trasvase Tajo-Segura

La Figura 5 muestra una comparación entre los valores de los fallos de suministro de agua en cada UDAA para el Escenario 2015, con y sin ATS.

Los fallos aumentan en todas las UDAA cuando se elimina la aportación del ATS, pues en estas condiciones la única forma de mantener las garantías de suministro en las UDU es trasvasar agua desde las UDAA, lo que conlleva el aumento en los fallos de suministro de las segundas. Los aumentos más significativos se producen en las UDAA más cercanas al litoral que son las que concentran los mayores núcleos de población.

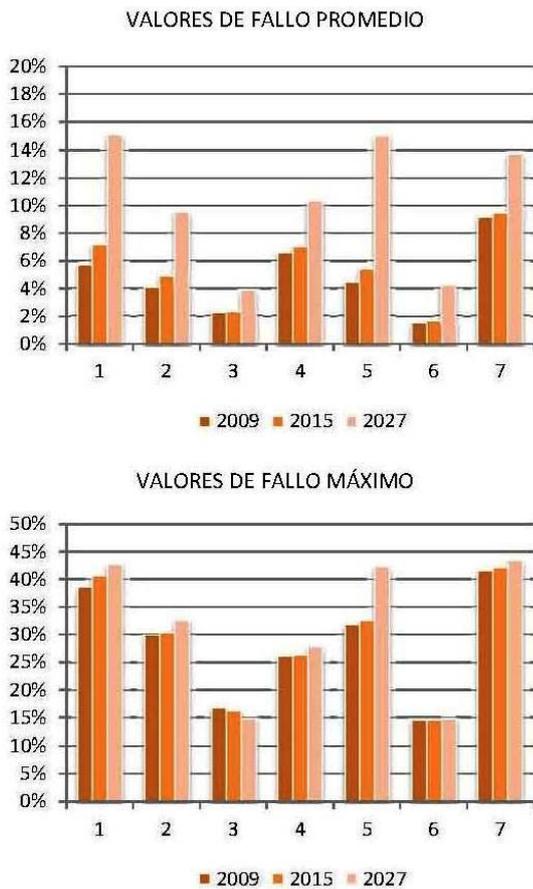


Figura 4. Fallos de suministro promedio y máximos (%) por UDAA.

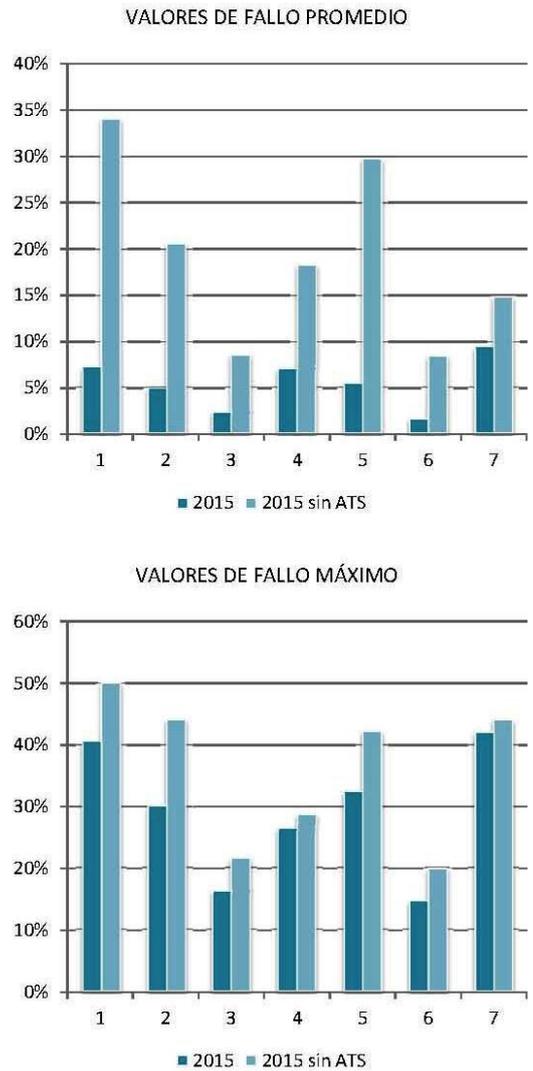


Figura 5. Fallos de suministro promedio y máximos (%) por UDAA – Esc. 2015 con y sin ATS.

Resultado de la valoración económica de los fallos de suministro

1) Escenarios 2009, 2015 y 2027

La Tabla 4 muestra los valores promedio y máximo del valor económico de los fallos de suministro de agua, expresados en €/ha, para los tres escenarios analizados.

De dicha tabla se deduce que en el Escenario 2009 ya se observan desvíos respecto del óptimo que se podría obtener si se cubrieran todas las demandas, pues en todas las UDAA se producen fallos. Dichos fallos son más acusados en las UDAA que concentran la horticultura intensiva, especialmente en las UDAA 5 y 1. En el extremo opuesto, el valor mínimo se localiza en la UDAA 6, poniendo de manifiesto que las UDAA cercanas al litoral concentran los cultivos con mayor rentabilidad, y por tanto son más vulnerables económicamente a los fallos de suministro.

El análisis de los valores máximos muestra, de un lado, la incidencia que la superficie de frutales tienen en la mayoría de las UDAA, pues en todas se producen aumentos significativos con excepción de las UDAA 2 y 5, donde estos cultivos no llegan al 5 %; y de otro, que es en las UDAA del interior donde se produce el aumento proporcional más significativo por la baja rentabilidad de los cultivos no leñosos respecto de otras UDAA, y al alto porcentaje que en ellas suponen los frutales o viñedos, caso de la UDAA 7.

En el Escenario 2015 los resultados son similares a los del Escenario 2009 con un leve repunte ocasionado por el aumento de las UDUs, que afecta a las UDAA en la medida de que la única forma de mantener los niveles de garantía en las UDUs es reducir lo suministrado en éstas.

En el Escenario 2027 se aprecia que el valor económico de los fallos se ha multiplicado respecto de los escenarios precedentes, lo que evidencia la presión que tanto el aumento poblacional como el cambio climático tiene sobre la demanda de agua agraria. En el caso de los valores máximos, se deduce que, si se cumplen los efectos del cambio climático, con periodos de sequía cada vez más acusados y recurrentes, la repercusión económica de los fallos en el sector agrario será cada vez más acusada.

Tabla 4. Valor económico del fallo promedio y máximo por UDAA (€/ha).

UDA	2009		2015		2027	
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo
1	431	3.464	556	3.681	1.217	3.903
2	209	1.528	250	1.548	486	1.663
3	120	1.265	124	1.217	219	1.106
4	378	1.944	414	1.957	676	2.053
5	313	2.293	381	2.343	1.081	3.053
6	8	608	9	608	113	616
7	134	1.172	138	1.193	272	1.251
DHS	237	1.732	274	1.758	581	1.925

Tabla 5. Valor económico del fallo promedio y máximo (€/ha) – Esc. 2015 con y sin ATS.

UDA	2015		2015 sin ATS	
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo
1	556	3.681	2.990	4.667
2	250	1.548	1.054	2.383
3	124	1.217	598	1.649
4	414	1.957	1.309	2.136
5	381	2.343	2.146	3.055
6	9	608	312	858
7	138	1.193	304	1.281
DHS	274	1.758	1.217	2.250

2) Impacto económico del cese del trasvase Tajo-Segura

La Tabla 5 muestra el efecto que sobre la economía agraria de la DHS tendría el cese de los volúmenes trasvasados por el ATS, pues en estas condiciones el valor económico de los fallos se multiplica considerablemente.

La diferencia en el valor promedio obtenido para el conjunto de la DHS en ambos casos, aplicada a la superficie neta cultivable indicada en la Tabla 1 de este trabajo, muestra una diferencia en términos de Margen Bruto, de 253 millones de €/año, valor en el que se puede cifrar la aportación media anual del ATS a la economía de la DHS.

Conclusiones

Respecto de los resultados obtenidos, las zonas con mayor valor marginal del agua son aquellas en las que tiene mayor peso la horticultura intensiva y el cultivo de frutales y cítricos, principalmente en la zona litoral y centro de la cuenca, con valores que oscilan entre 0,95 y 1,27 €/m³. En cambio, en las zonas del interior, con mayor predominio de de viñedos y frutales, dicho valor se sitúa entre 0,45 €/m³ y 0,70 €/m³. Dichas diferencias vienen explicadas tanto por la diferente orientación productiva de cada zona, como por los diferentes rendimientos de los cultivos debido a condicionantes climáticos y tecnológicos.

Los fallos de suministro identificados ponen de manifiesto el reto que supondrá atender las demandas agrarias a la vez que aumenten las necesidades de abastecimiento urbano. Además, los previsibles efectos del cambio climático, con reducción de aportaciones y mayor recurrencia de sequías, ahondarán aún más este problema. En general, las zonas situadas en el centro y litoral son más sensibles a padecer fallos de suministro de agua que las que se localizan en el interior.

A la vista de los resultados anteriores, el valor económico de los fallos de suministro de agua tiende a ser mayor en las UDAAs en las que se concentran la horticultura intensiva. Para el conjunto de la cuenca, el impacto económico de los fallos de suministro de agua promedios varía desde los 63 y 73 millones de euros de los escenarios 2009 y 2015, hasta los 156 en 2027, siendo aún más elevado si se consideran los escenarios en periodo seco (fallos máximos). En ese caso, el valor económico de los fallos ascendería hasta los 465, 472 y 517 millones de euros, respectivamente. De este análisis, se deduce que si se consideran los efectos del cambio climático, la repercusión económica negativa en el sector agrario será cada vez más importante.

Además, el escenario 2015 sin ATS, ha permitido estimar que el ATS aporta unos 253 millones de €/año, en términos de Margen Bruto directo, a la economía de la cuenca. Esta cifra equivaldría al 16% del Valor Añadido Bruto agrario y al 1% del total del año de referencia (2009).

Referencias

- Albiac J & Tapia J. 2001. La gestión de demanda de agua frente a la política de oferta del trasvase del Ebro. Documento de Trabajo 01/2.
- Andreu J. 1992. Modelo OPTIGES de Optimización de la Gestión de Esquemas de Recursos Hídricos – Manual de Usuario (Versión 2.0). Universidad Politécnica de Valencia.
- Arcas N, Alcón F, López-Becerra El, Cabrera A & Uclés D. 2011. Análisis de la campaña hortofrutícola de la Región de Murcia 2009-2010. Fundación Cajamar. Almería.
- Calatrava J & Martínez-Granados D. 2012. El valor de uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del trasvase Tajo-Segura. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 12(1): 5-32.
- CARM. 2007. Programa de Desarrollo Rural de la Región de Murcia 2007-2013. Consejería de Agricultura y Agua. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- CHS. 1998. Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. Confederación Hidrográfica de la Cuenca del Segura. Murcia.
- CHS. 2007a. Plan de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía en la Cuenca del Segura. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia.
- CHS. 2007b. Estudio General sobre la Demarcación Hidrográfica del Segura (versión del 2 de julio de 2007). Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia.
- CHS. 2009. Informe de diversos aspectos del proceso de Planificación Hidrológica en la Región de Murcia. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia.
- CHS. 2013. Esquema de Temas Importantes. Confederación Hidrográfica del Segura. Murcia.

- CREM. 2012. Series de precios percibidos por los agricultores. Servicio de Estadística Agraria Regional de la Consejería de Agricultura de la Región de Murcia. Disponible on-line: <http://www.carm.es/econet/home.html>.
- DOCE. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE nº L 327: 1-73, de 22 de diciembre de 2000. Bruselas.
- Del Campo A. 2008. Impactos económicos, sociales y ambientales de la sequía. Jornada de Gestión y Planificación de la Sequía. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Expo Zaragoza. España. Julio.
- EEA. 2006. Corine Land Cover 2000. Aseamless vector database. European Environment Agency.
- García-Brenes MD. 2004. La reestructuración de la cadena de valor del aceite de oliva en Andalucía. Impactos Ecológicos, Sociales y Económicos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas. Sevilla.
- Gil M, Garrido A & Gómez-Ramos A. 2009. Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español. En Gómez-Limón, J.A., Calatrava, J., Garrido, A., Sáez, F.J. y Xabadía, A. (Eds.): La economía del agua de riego en España. Fundación Cajamar, Almería: 95-114.
- Griffin RC. 2006. Water resource economics: the analysis of scarcity, policies and projects. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.
- INE. 2009. Censo Agrario 2009. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <http://www.ine.es>
- Maestu J & Gómez CM. 2008. Análisis Económico de los usos del agua en España. *Ambienta* 75: 44-51.
- MAPA. 2003. Libro Blanco de la Agricultura. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en <http://www.libroblancoagricultura.com>
- MARM. 2008. Instrucción de planificación hidrológica. Orden MARM/2656/2008 de 10 septiembre por la que se aprueba la instrucción de la planificación hidrológica. BOE núm. 229, de 22 de septiembre de 2008
- MARM. 2008a, 2009a y 2010a. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE). Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Disponible en: <http://www.marm.es>
- MARM. 2008b y 2009b. Anuario de Estadística. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Disponible en: <http://www.marm.es/es>
- MARM. 2010b. Resultados técnico-económicos de explotaciones de invernadero de Andalucía en campaña 2009-2010. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino.
- MARM. 2010c. Resultados técnico-económicos de explotaciones hortofrutícolas de la Comunidad Valenciana en 2009. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino.
- Martínez-Paz JM. 2003. Economía y gestión del agua en la horticultura intensiva de Almería. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Marqués R. 1998. Fallos estructurales y coyunturales que agravaron la última sequía. Colección Nueva Cultura del Agua. Simposio I: Usos urbano-industriales y funciones de salud de las aguas. Bilbao.
- MMA. 1998. Libro Blanco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MMA. 2001. Plan Hidrológico Nacional. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Young RA. 2005. Determining the economic value of water: Concepts and Methods. RFF Press, Washington.