

# LA ASIGNACIÓN SECTORIAL Y ESPACIAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL EBRO ANTE LA ESCASEZ Y LAS SEQUÍAS

**Daniel Crespo<sup>a</sup>, José Albiac<sup>a\*</sup>, Taher Kahil<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Departamento de Economía Agraria, CITA (Zaragoza) [crespo976@hotmail.com](mailto:crespo976@hotmail.com), [maella@unizar.es](mailto:maella@unizar.es)

<sup>b</sup>International Institute for Applied Systems Analysis (Laxenburg, Austria) [mt.kahil@gmail.com](mailto:mt.kahil@gmail.com)

## Resumen

En este trabajo se analiza la distribución espacial y sectorial del agua en la cuenca del Ebro, los efectos de las sequías sobre el reparto de agua, y sus impactos económicos. El estudio examina en detalle las zonas de regadío que absorben la mayor parte de los recursos hídricos de la cuenca. Una cuestión importante que se analiza en el trabajo es la fijación de caudales ecológicos en la cuenca, y en especial el caudal en desembocadura. Este trabajo es importante porque pretende contribuir al enconado debate sobre la asignación de caudales en la cuenca, en especial durante los periodos de sequía. Para el análisis de los escenarios se ha desarrollado un modelo hidroeconómico, que simula el impacto económico de la asignación sectorial y espacial del agua. Las zonas de riego analizadas son Riegos del Alto Aragón, Canal de Aragón y Cataluña, Canal de Bardenas y Canal de Urgel. Los resultados de simulación de los escenarios de sequía muestran la adaptación de los polígonos de riego a las situaciones de sequía. Esta adaptación consiste en cambios en el patrón de cultivos y en el uso de las tecnologías de riego, con incrementos de los cultivos más rentables y los sistemas de riego más eficientes. Los resultados de los escenarios de caudales ecológicos indican que el establecimiento de caudales ecológicos elevados supone comprometer las actividades económicas en la cuenca. Los mayores costes los soportan los polígonos de riego con elevadas pérdidas de renta para los agricultores.

**Palabras clave:** Modelización hidroeconómica, escasez, sequía, políticas

## 1. Introducción y objetivos

La escasez y degradación de los recursos hídricos en España responde a la creciente presión de las actividades económicas de las últimas décadas. Las medidas de protección del caudal ecológico en los tramos de los ríos agravan la competencia por los recursos hídricos, en especial en las regiones áridas y semiáridas con problemas de escasez de agua.

La gestión de los recursos hídricos en las zonas áridas y semiáridas es una tarea compleja en especial durante los periodos de sequía que pueden provocar fuertes impactos económicos y ambientales. La estimación de costes durante la sequía de 2005 en la cuenca del Ebro alcanzaron los 400 millones de euros (Hernández et al. 2013). Los recursos hídricos renovables de la cuenca del Ebro se estiman en unos 14.600 hm<sup>3</sup>, con unas extracciones de 8.460 hm<sup>3</sup> (Cuadro 1).

En la cuenca del Ebro la presión sobre la cantidad de agua responde fundamentalmente al uso agrícola con unas extracciones de 7.680 hm<sup>3</sup> CHE (2015). El caudal ecológico en la desembocadura es objeto de debate, ya que su nivel determina las actividades económicas en el resto de la cuenca, así como el estado ecológico del Delta del Ebro.

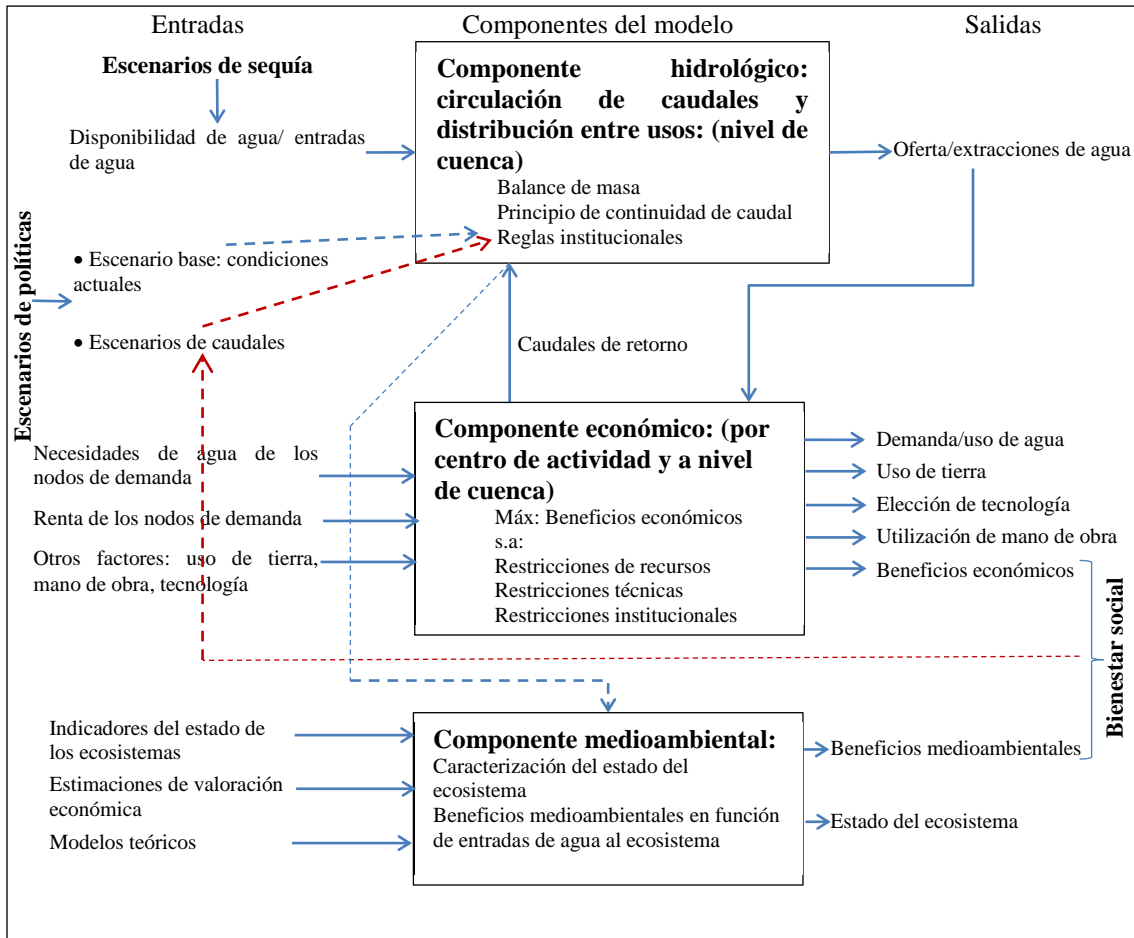
La modelización hidroeconómica facilita el análisis riguroso a escala de cuenca para el diseño de políticas de gestión sostenible [McKinney et al. 1999, Cai et al. 2003, Booker et al. 2005, Pulido et al. 2008, Harou et al. 2009]. Estos modelos integran los aspectos hidrológicos, económicos y medioambientales de la cuenca, y permiten capturar las interacciones entre los sistemas hidrológicos, económicos y medioambientales (Gráfico 1).

**Cuadro 1.** Demanda de agua actual y futura en la Cuenca del Ebro (hm<sup>3</sup>)

Sector	Agricultura	Urbana	Industrial	Total
Agua superficial	7.420	320	100	7.840
Agua subterránea	260	40	50	350
Demanda cuenca	7.680	360	150	8.190
Demanda fuera de cuenca		270		270
Total demanda	7.680	630	150	8.460
Predicción demanda en 2033	9.800	700	380	10.880

Fuente: CHE (2015)

**Gráfico 1. Marco de modelización**



En este trabajo se desarrolla un modelo hidroeconómico de la cuenca del Ebro que se emplea para analizar el impacto de la implantación de diferentes caudales ecológicos en desembocadura en condiciones climáticas de normalidad y sequía.

## 2. Metodología

El modelo hidroeconómico de la cuenca del Ebro está formado por un componente hidrológico, un componente económico. El modelo hidrológico es una forma simplificada de la hidrología de la cuenca (Cai et al 2003) y consiste en una red que conecta nodos de entradas y salidas de agua. Los nodos pueden ser de oferta de agua como ríos o pantanos, o de demanda como polígonos de riego, redes urbanas o ecosistemas acuáticos (Gráfico 2).

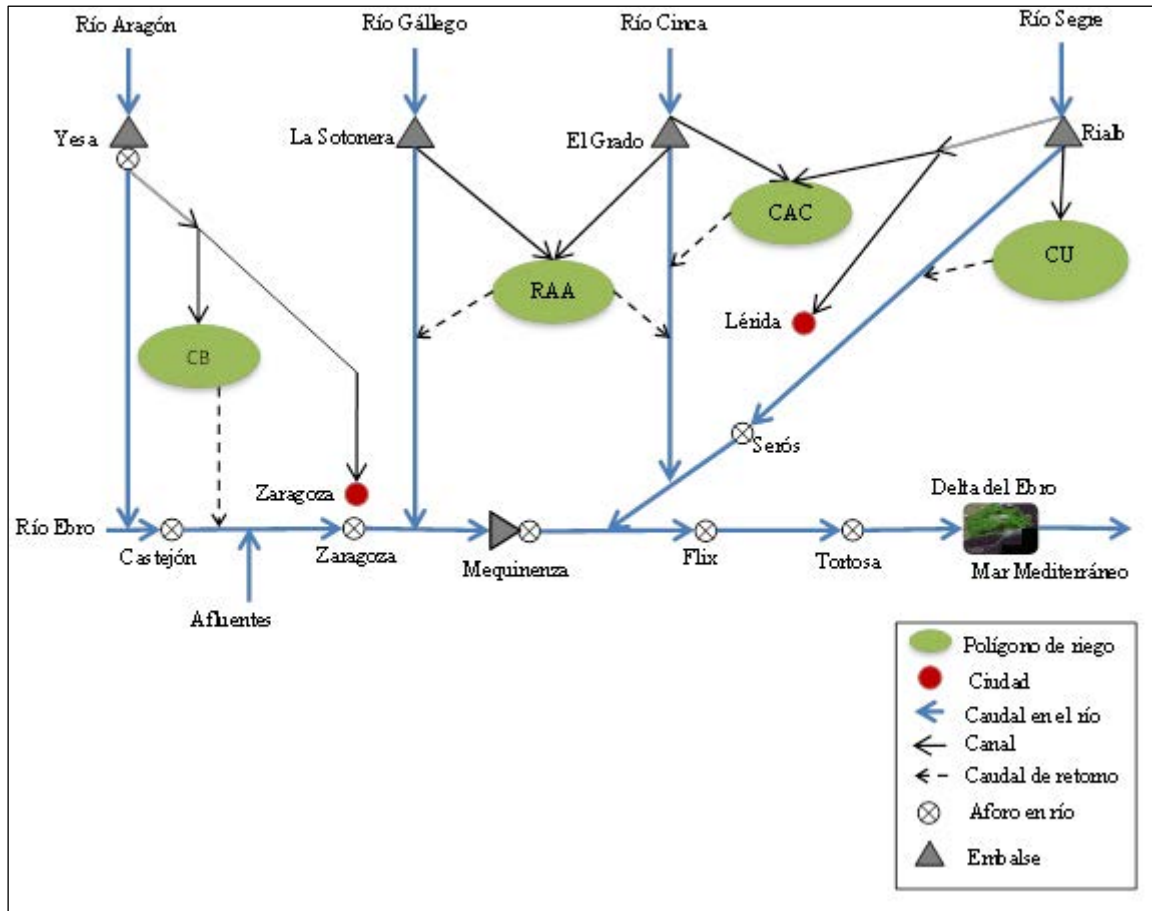
El componente económico está formado por las actividades de regadío de los polígonos de riego que demandan más agua. Los polígonos de riego incluidos en la componente económica son Riegos del Alto Aragón, Canal de Aragón de y Cataluña, Canal de Bardenas y Canal de Urgel. Para estos polígonos se ha desarrollado un modelo de explotación agraria, que maximiza el beneficio privado de los agricultores que seleccionan el patrón de cultivos teniendo en cuenta las restricciones técnicas y de recursos. La función objetivo maximiza los beneficios económicos de la asignación del agua de la cuenca.

Tras la calibración del modelo, el modelo se utiliza para simular tres escenarios de caudales en desembocadura en condiciones climáticas normales, de sequía moderada, y sequía extrema. Los escenarios de caudales simulados son la situación actual y las propuestas de la Agencia Catalana del Agua (ACA) de 2007 y 2015. (Cuadro 2). Para las condiciones de sequía moderada y sequía extrema se ha reducido un 20 por ciento y un 40 por ciento, respectivamente, respecto a las condiciones climatológicas normales.

## 3. Resultados

Los resultados de la simulación del caudal actual en desembocadura muestran que en situaciones de sequía, la pérdida de renta de los regantes es importante. La adaptación de los polígonos de riego en condiciones de sequía consiste en cambiar el patrón de cultivo y los sistemas de riego, incrementando la participación de cultivos con mayor margen y sistemas de riego más eficientes.

**Gráfico 2. Red de la cuenca del río Ebro**



El caudal ecológico en vigor actualmente no restringe las actividades económicas, para cualquier situación climática, y permite futuras expansiones del consumo de agua (Cuadro 2).

Los resultados de la simulación del caudal en la desembocadura propuesta por la ACA en 2007 muestran que la disponibilidad de agua en cuenca no es suficiente para satisfacer la demanda de las actividades económicas de la cuenca en condiciones climáticas normales. La implantación del caudal ecológico en desembocadura propuesta por la ACA en 2007 acarrea la pérdida de renta y de trabajo, el abandono de la tierra, y la imposibilidad de cualquier tipo de expansión de la demanda. En consecuencia, el crecimiento y desarrollo económico en la cuenca del Ebro quedaría comprometido. En caso de sequía extrema el caudal en desembocadura propuesta impide, prácticamente, cualquier actividad económica en la cuenca y la pérdida de renta de los agentes sería casi total.

El tercer escenario de caudal en desembocadura es la propuesta del ACA del 2015. Los resultados de este escenario muestran que en condiciones climatológicas normales y de sequía moderada, no existen diferencias respecto al escenario actual. El caudal medio en Tortosa entre 1986 y 2012 es de 8.600 hm<sup>3</sup> y está muy próximo a la petición de caudal de ACA 2015. Por lo que cualquier expansión en la demanda podría verse restringida o limitada por la implantación del caudal de la ACA de 2015. En caso de sequía extrema la caída de renta de los agricultores se intensifica respecto al escenario base.

#### 4. Conclusiones

Este trabajo pretende contribuir al debate sobre la asignación de agua en la cuenca del Ebro, y las peticiones de caudales ecológicos en la desembocadura. El análisis se ha desarrollado implementando un modelo hidroeconómico de la cuenca del Ebro que incluye los principales polígonos de riego de la cuenca. El modelo se utiliza para simular tres escenarios de caudales en desembocadura en condiciones climáticas normales, de sequía moderada, y sequía extrema. Los escenarios de caudales simulados son la situación actual y las propuestas de la ACA de 2007 y 2015.

Los resultados de la simulación del caudal actual en desembocadura muestran que los polígonos de riego con mayor proporción de cultivos con alto margen neto y con tecnologías de riego más eficientes tienen

**Cuadro 2. Efectos de la sequía sobre el regadío**

Escenario de caudales ecológicos	Escenario base			Escenario ACA 2007			Escenario ACA 2015		
	Normal	Sequía moderada	Sequía extrema	Normal	Sequía moderada	Sequía extrema	Normal	Sequía moderada	Sequía extrema
Caudal en desembocadura (hm <sup>3</sup> /año)	3.000	3.000	3.000	9.490	7.150	7.150	7.550	5.870	5.870
Superficie regada (1.000 ha)	341	277	207	279	271	2,3	341	277	151
Herbáceos	293	232,4	166	235	227	0	293	232,4	113
Leñosos	42	40	37	39,4	39,5	1,5	42	40	33,5
Hortalizas	5	4,6	4	4,6	4,5	0,8	5	4,6	3,5
Agua aplicada (hm <sup>3</sup> )	2.380	1.940	1.450	1.950	1.980	9	2.380	1.940	1.050
Agua consumida (hm <sup>3</sup> )	1.630	1.330	1.000	1.340	1.300	7	1.620	1.330	740
Sistema de riego (1.000 ha)									
Inundación	173	136	94	137	133	1	173	136	64
Aspersión	137	112	85	123	109	0	137	112	61
Goteo	31	29	28	29	28	2	31	29	25
Renta (10 <sup>6</sup> €)	312	303	275	303	301	11	312	303	233
UTA <sup>a</sup>	14.000	12.500	10.500	12.400	12.200	260	14.000	12.500	9.000

a: Unidad de trabajo agrario equivalente a 1.826 horas-año

mayor capacidad de reacción en condiciones de sequía. El caudal ecológico en vigor actualmente no restringe las actividades económicas, para cualquier situación climática, y permite futuras expansiones del consumo de agua.

Los resultados de las simulaciones de los caudales en desembocadura propuestos por la ACA muestran que en condiciones de sequía las pérdidas de renta de los agricultores se intensifican respecto al caudal actual. En condiciones normales, la propuesta de ACA de 2007 impide mantener el nivel de actividad económica actual y la propuesta de la ACA de 2015 está próxima al caudal medio registrado en desembocadura, limitando la expansión de la demanda. En consecuencia, las propuestas de la ACA representan una amenaza al crecimiento económico de la cuenca del Ebro.

## 5. Bibliografía

- Agencia Catalana del Agua (ACA) (2007). “Propuesta de caudales ambientales en el tramo final del río Ebro. Documento de discusión preparado para la Comisión de Sostenibilidad de las Tierras del Ebro por encargo de la Agencia Catalana del Agua y el equipo técnico del PIPDE y elaborado por la Unidad de Ecosistemas Acuáticos del IRTA”. *Generalitat de Catalunya*, Barcelona.
- Agencia Catalana del Agua (ACA) (2015). “Revisió i actualització de la proposta de règim de cabals ecològics al tram final del riu Ebre, delta i estuari, Comissió tècnica de sostenibilitat de les Terres de l'Ebre (CSTE)”. *Generalitat de Catalunya*, Barcelona.
- Booker, J., Michelsen, A. y Ward, F. (2005). “Economic impact of alternative policy responses to prolonged and severe drought in the Rio Grande Basin”. *Water Resources Research*, 41 (2):1-15.
- Cai, X., McKinney, D. y Lasdon, L. (2003). “Integrated Hydrologic-Agronomic-Economic Model for River Basin Management”. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129 (1): 4-17.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) (2015). “Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro”. *Memoria CHE*. MAGRAMA, Zaragoza.
- Dagnino, M. y Ward, F. (2012). “Economics of Agricultural Water Conservation: Empirical Analysis and Policy Implications”. *International Journal of Water Resources Development*, 28: 577–600.
- Harou, J., Pulido-Velazquez, M., Rosenberg, D., Medellín-Azuara, J., Lund, J. y Howitt, R. (2009). “Hydro-economic models: Concepts, design, applications, and future prospects”. *Journal of Hydrology*, 375 (3): 627–643.

- Hernández, N., Gil, M., Garrido, A. y Rodríguez, R. (2013). “La sequía 2005-2008 en la cuenca del Ebro: Vulnerabilidad, impactos y medidas de gestión”. *CEIGRAM. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid*.
- Howitt, R. (1995). “Positive Mathematical Programming”. *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 329.
- McKinney, D., Cai, X., Rosegrant, M., Ringler, C. y Scott, C. (1999). “Modeling water resources management at the basin level: review and future directions”. *SWIM Paper 6*. International Water Management Institute, Colombo.
- Pulido-Velazquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A. y Pulido-Velazquez, D. (2008). “Hydro-economic river basin modelling: The application of a holistic surface-groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain”. *Ecological Economics*, 6: 51–65.