

## **SOLUCIONES PARA LA ESCASEZ DEL AGUA EN ESPAÑA Y SU APLICACIÓN A OTRAS REGIONES**

LLAMAS MADURGA, M. R.<sup>1</sup>; ALDAYA M., M. M.<sup>2</sup>; GARRIDO COLMENERO, A.<sup>3</sup>; LÓPEZ-GUNN, E.<sup>4</sup>

- <sup>1</sup> Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Complutense de Madrid. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín.
- <sup>2</sup> Universidad de Twente, Holanda. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín.
- <sup>3</sup> Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM), Universidad Politécnica de Madrid. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín.
- <sup>4</sup> Universidad Complutense de Madrid. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín y London School of Economics and Political Science.

### **RESUMEN**

El tema de la escasez de agua, tanto a escala mundial como en el caso concreto de España aparece con cada vez mayor frecuencia en los medios de comunicación y en la literatura científica que insisten con frecuencia en la futura crisis del agua. Este trabajo muestra cómo gracias en gran parte a los avances científicos, estas previsiones catastrofistas no tienen fundamento científico y en muchos casos proceden principalmente de planteamientos ideológicos neo-maltusianos sin apoyo en la realidad. Nuestro análisis se refiere especialmente al caso español pero en muchos aspectos es extrapolable a otros países áridos o semi-áridos. España es el país más árido de los 27 estados que forman la Unión Europea en el 2010. Igualmente es un país que en el último medio siglo ha experimentado un profundo cambio económico y social, pasando de ser un país predominantemente rural a un país mayoritariamente industrializado y de servicios —de los más desarrollados del mundo— en un periodo de tiempo relativamente corto. Este proceso de cambio ha convertido a nuestro país en una referencia mundial. Entre los avances científicos que más han influido en la situación española están el desarrollo del comercio internacional de alimentos, las tecnologías agronómicas y de desalación, y el uso intensivo de las aguas subterráneas. La aplicación de la metodología de la huella hídrica extendida (hidrológica y económica) ha permitido obtener una visión más objetiva y trans-

parente de la política del agua en España. Esta metodología parece indicar que aproximadamente el 90% del agua en España se utiliza para usos agrícolas. Sin embargo, el aspecto más importante desde el punto de vista de la gestión de un recurso escaso, es que la mayor parte de estos usos son para producir cosechas que tienen poco valor económico, requieren mucha agua de riego y, además, constituyen una de las mayores causas de contaminación difusa. Estas cosechas de alto consumo en agua y bajo valor económico, podrían importarse de otros países y utilizar el agua ahorrada en cosechas de alto valor, en otras actividades económicamente más productivas, o para restaurar o valorar los servicios ambientales asociados al agua. Puede decirse que en España el viejo lema internacional MORE CROPS AND JOBS PER DROP ya se ha conseguido, ahora el objetivo está en analizar la viabilidad de alcanzar una política de MORE CASH AND CARE OF NATURE PER DROP. El análisis del caso español tiene un interés mundial pues parece probable que una situación similar a la española se da ya, o se dará pronto, en muchas regiones áridas o semiáridas con economías industrializadas o emergentes.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Este artículo es una versión actualizada de la conferencia impartida por el primer autor, con la colabo-

ración de la Dra. M. M. Aldaya en el Ciclo de Conferencias CIENCIA PARA TODOS, que se desarrolló en la Real Academia de Ciencias el 14 de mayo de 2009 bajo el título LA ESCASEZ DE AGUA EN ESPAÑA: UN PROBLEMA DE FÁCIL SOLUCIÓN. En los meses transcurridos desde la presentación de la conferencia el 14 de mayo de 2009 hasta cuando se escriben estas líneas en enero de 2010 han aparecido nuevos datos que parecen confirmar las hipótesis entonces formuladas.

Buena parte de las nuevas aportaciones son fruto de diversos trabajos realizados por el Observatorio del Agua de la Fundación Marcelino Botín. Por ello, se ha considerado oportuno incluir también como co-autores del artículo al Prof. Garrido y a la Dra. Elena López-Gunn, que junto con los otros dos autores de este artículo integran actualmente el “think-tank” del Observatorio del Agua de la Fundación Marcelino Botín. Se remite al lector interesado en conocer con más detalle las actividades del Observatorio a la WEB de la F. M. Botín ([www.fundacionmbotin.es](http://www.fundacionmbotin.es)).

## 2. EL “HIDROMITO” DE LA ESCASEZ FÍSICA DE AGUA A ESCALA MUNDIAL

Tanto en la literatura especializada como en los medios de comunicación ha prevalecido durante muchos años la idea de que la cantidad de agua que hay en este planeta azul era insuficiente para satisfacer las necesidades de la humanidad, especialmente si estas necesidades continuaban creciendo. Esta escasez conduciría inevitablemente a conflictos entre países que a su vez desembocarían en guerras convencionales. Especialmente en la última década del siglo XX fueron muy numerosos los titulares de los medios de comunicación diciendo que “las guerras del siglo XXI serían las guerras del agua”.

Por esta razón se elaboraron distintos índices para medir el “water stress” de cada país. Durante muchos años el más conocido y popular de estos índices o indicadores fue el que divide los recursos anuales en agua azul renovable de un país por su número de habitantes. Este índice fue propuesto por una profesora sueca (Falkenmark, 1989) y es usualmente conocido como índice de Falkenmark. Según este indicador cualquier país que tiene un índice de menos de 1700 m<sup>3</sup>/persona y año está en situación de “estrés hídrico (water

stress)”, si tiene menos de 1.000 m<sup>3</sup>/persona y año pasa a la situación de “escasez de agua (water scarcity)” y si tiene menos de 500 m<sup>3</sup>/ persona y año ya está “por encima del límite (beyond the limit)”. Los límites de Falkenmark todavía son utilizados con frecuencia por divulgadores pero generalmente han sido sustituidos por nuevos índices más complejos y sofisticados. Una razón es que el indicador de Falkenmark se refiere solamente al “agua azul” y no tiene en cuenta el “agua verde” (agua procedente de las precipitaciones que queda retenida en las capas superficiales del suelo y es accesible a las raíces de las plantas permitiendo la función clorofílica). Ha sido precisamente Falkenmark una de las especialistas que posteriormente ha más a contribuido a llamar la atención sobre la importancia del “agua verde” en la política del agua.

En los últimos diez años se han propuesto otros índices más complejos, Esos índices suelen referirse al porcentaje de agua azul que utiliza el país y al nivel de bienestar del país. Sin embargo también tienen la limitación de que sólo hacen referencia al agua azul y no tienen en cuenta ni el agua verde, ni el comercio de agua virtual, ni la calidad del agua. Todos estos indicadores de escasez quedan hoy muy por detrás del método de la huella hídrica que se describe más abajo.

Desde hace casi dos decenios la idea de la escasez física del agua ha sido cuestionada por el primero de los autores de este artículo (Llamas, 1992; Llamas, 1995), asegurando que el problema no era la escasez física de agua sino su mala gestión —o gobernanza—. En 2004 la Fundación Marcelino Botín, conjuntamente con las universidades de Harvard y la Universidad Complutense de Madrid organizó en Santander su SEGUNDO SEMINARIO, sobre el tema LA CRISIS DEL AGUA: MITO O REALIDAD?. La veintena de presentaciones discutidas en dicho Seminario pueden verse en Rogers *et al.* (2006) y la conclusión es clara: se trata de un problema de gestión y no de un problema de escasez física.

En el año 2006 las Naciones Unidas dedico su extenso informe anual sobre el estado del mundo al tema del agua (UNDP, 2006). La conclusión básica confirma lo que se expuso anteriormente en el Seminario de Santander de 2004. El problema del agua no es un problema de escasez física si un problema de mala gestión.

No obstante, el “hidromito” de la escasez de agua a escala mundial sigue estando muy extendido. Tal es por ejemplo el caso de los trabajos de Hoekstra y Chapagain (2008). Para estos dos autores —y otros— un objetivo importante del uso de la técnica o método de la huella hídrica es conseguir un ahorro de agua a escala mundial, mediante la difusión de las evaluaciones de la huella hídrica de los productos y los diferentes estilos de vida tanto entre el público en general y la sociedad civil como en el ámbito empresarial. Este ahorro se pretende conseguir en base a producir las cosechas de alimentos básicos en las regiones en las cuales esta producción debido a las condiciones climáticas, del suelo o de la tecnología exigen menos agua y, a su vez exportar dichas cosechas a las regiones que no cumplen estas condiciones. Los ahorros de agua global que estiman estos autores suponen en general un pequeño porcentaje, del 5-10% de los usos consuntivos mundiales de agua para la agricultura, que se estiman en unos 7.000 Km<sup>3</sup>/año. Este porcentaje es del mismo orden que el rango de error en los cálculos de los volúmenes de agua por métodos utilizados habitualmente en los cálculos de la huella hídrica, cuando estos se realizan a escala nacional o de amplias regiones. Dichos cálculos de huella hídrica, cuando son aplicados a escala de amplias regiones pueden tener importantes incertidumbres y limitaciones (Liu et al., 2009). Más adelante se detallarán estas limitaciones en el caso de España.

Puede decirse que en muchos de los trabajos importantes publicados (por ejemplo en CAWMA, 2007) aún subyace el prejuicio de que en nuestro planeta hay un déficit mundial de agua hoy —y en particular cara al futuro— para atender las necesidades de alimentación humana a medio o largo plazo.

### 3. IMPORTANCIA DEL CASO ESPAÑOL

En el libro recientemente publicado sobre la Política del Agua en España (*WATER POLICY IN SPAIN* (Garrido y Llamas, 2009) se describe con detalle la situación española bajo varios aspectos y puntos de vista. En este artículo se pone especial énfasis en cómo la aplicación del método de la huella hídrica “extendida” que incorpora el valor económico del agua, está permitiendo obtener una visión más objetiva y transparente de la política del agua

española. Se espera que esta visión conduzca en un plazo razonable a encontrar soluciones adecuadas que ayuden, por una parte a favorecer la protección del medio ambiente y por otra a facilitar una reconversión del modelo agrícola de una forma que no sea traumática para los agricultores, sino al contrario, que sea una oportunidad para la innovación agronómica, tecnológica y medioambiental. España puede ser un excelente ejemplo de la aplicación del nuevo lema MORE CASH AND CARE OF NATURE PER DROP, que el Observatorio del Agua adelantó en el V World Water Forum (Estambul, marzo 2009) como puede verse en la WEB de la FMB ([www.fundacionmbotin.es](http://www.fundacionmbotin.es)). El grupo del Observatorio del Agua ha publicado en los dos últimos años una serie de trabajos sobre la huella hídrica “extendida” de España que son detallados en la sección 5 de este trabajo.

España es el Estado Miembro más árido de la Unión Europea, y esto puede explicar los frecuentes conflictos sociales que en las últimas décadas se han producido en torno al agua y que continúan en diferentes regiones y localidades de España. Al mismo tiempo, los profundos cambios sociales que a lo largo del último medio siglo se han producido en España constituyen un punto de referencia interesante sobre lo que puede ocurrir en otros países áridos o semi-áridos con economías emergentes. Por ejemplo, en España en medio siglo la población rural dedicada a la agricultura ha pasado de ser de más del 40% de la fuerza laboral a ser escasamente un 5%. Sin embargo la producción agraria ha aumentado notablemente, el regadío se ha duplicado, llegando a regarse casi 3,5 cuatro millones de hectáreas, y de ellas cerca de la mitad con riego localizado. Mientras, en términos relativos actualmente el valor de la producción agraria total apenas llega al 4% del Producto Interior Bruto (PIB). Por ejemplo, en estos momentos y desde el punto de vista económico, el turismo es una fuente de riqueza y de puestos de trabajo muy superior a la agricultura. Otro ejemplo de los cambios que se están produciendo es la energía solar puede jugar un papel importante, especialmente en el Sur de España, gracias a la ventaja comparativa de esta región.

En el último medio siglo se ha producido en España, como en casi todos los países semi-áridos o áridos un desarrollo intensivo de las aguas subterráneas. Este desarrollo ha producido importantes

beneficios económicos y sociales pero también ha dado lugar a una gestión caótica de las aguas subterráneas que ha tenido serios impactos ecológicos como la degradación de la reserva de la Biosfera La Mancha Húmeda y del parque nacional de las Tablas de Daimiel (Llamas, 2005 bis). La alta productividad y dinamismo de las aguas subterráneas se refleja en el hecho de que es muy probable que más de la mitad del valor de la agricultura española de regadío se produzca con aguas subterráneas. Este hecho fue repetidamente anunciado y expuesto con datos exhaustivos en el caso bien conocido de Andalucía por el primer autor de este artículo (Llamas, 1989; Hernández-mora y Llamas, 2001). El hecho de que la directiva marco exija diferenciar en el análisis económico los usos del agua (exigido por la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea) abre la puerta a un análisis comparativo detallado sobre los regadíos con aguas superficiales y subterráneas (ver MARM, 2008; Llamas, 2007). Hasta ahora los análisis realizados son parciales o no están suficientemente documentados. Es de esperar que los trabajos actuales del Observatorio del Agua permitirán confirmar o rechazar esta hipótesis sobre la alta productividad de las aguas subterráneas en el regadío español.

En España todavía predomina la idea de que el agua es una fuente de riqueza muy importante para las Comunidades Autónomas. Esto explica en buena parte los conflictos que hoy existen entre las Comunidades de Valencia y Murcia y las de Castilla-La Mancha, Aragón, y Cataluña. Este es un prejuicio general que no responde que a la realidad, como muestran Garrido et al. (en prensa), el consumo del agua no explica el desarrollo económico diferencial de las Comunidades Autónomas y la economía española ha crecido entre 1995 y 2006 empleando mucha menos agua por euro de producto.

#### **4. BREVE RECORDATORIO DE LOS CONCEPTOS EMERGENTES SOBRE LOS COLORES DEL AGUA Y EL AGUA VIRTUAL**

En los dos apartados que siguen se hace un breve recordatorio de los conceptos fundamentales tomado en gran parte de Aldaya *et al.* (2008). Una descripción más detallada en castellano puede verse en Llamas (2005).

#### **4.1. Los colores del agua**

Desde hace unos veinte años se comenzó a aludir al agua de los ríos, lagos y acuíferos como agua azul. Esta es la parte del ciclo hidrológico que los seres humanos han tratado de modificar para su beneficio mediante la construcción de estructuras más o menos convencionales, fundamentalmente canales y presas. Por otro lado, el agua verde es la que empapa el suelo, a veces se llama también agua del suelo o agua de la zona no saturada. Esta agua del suelo es la que permite la existencia de la vegetación natural (bosques, praderas, matorral, tundra, etc.) así como de los cultivos de secano. En general, el uso del agua del suelo o «agua verde» no ha sido cuantificada en la mayoría de los análisis realizados, si bien estudios recientes enfatizan la crucial importancia del agua verde en garantizar la seguridad hídrica y alimentaria (CAWMA, 2007; Röckstrom *et al.*, 2007).

Algunos autores hablan también de otros colores del agua. De acuerdo con Hoekstra y Chapagain (2008), el agua gris representa el volumen de agua necesaria para evitar la contaminación en los procesos de producción de los bienes y servicios. Shamir (2000) habla también de las aguas que tienen un color amarillo dorado. Se refiere a aquellas aguas con alta salinidad o componentes tóxicos que pueden ser transformadas en aguas potables o aptas para la agricultura mediante los modernos procedimientos de la ingeniería química. Este proceso es importante para el abastecimiento urbano y turístico. Pero su impacto en el principal consumidor de agua (es decir la agricultura) es mínimo. En España, el volumen de agua desalada utilizada es del orden de 0,5% de la huella hídrica total (Llamas, 2006). El denominado PLAN AGUA pretendía sustituir el trasvase del río Ebro hacia el Mediterráneo por la reutilización de agua urbana e industrial, que pasaría de 450.000 m<sup>3</sup>/año a 1,1 Mm<sup>3</sup>/año en el 2011, en ciudades como Madrid y Barcelona. El punto más importante, sin embargo, era un conjunto de una veintena de desaladoras de agua de mar, capaces de generar unos 600 Mm<sup>3</sup>, en el periodo del 2004 al 2008 (López-Gunn, 2009). Teniendo en cuenta que en el 2008 solo se desalaban unos 200 Mm<sup>3</sup> de los 600 Mm<sup>3</sup> inicialmente planificados, puede decirse que el PLAN AGUA ha sido un fracaso. En efecto, la absoluta mayoría de los agricultores no han aceptado usar agua desalada debido fundamentalmente

a su mayor precio, a pesar de estar altamente subvencionada. El coste del agua de mar desalinizada depende mucho del factor de producción. Para plantas con una gran uso este coste suele oscilar entre 0.5 y 1.0 euros/m<sup>3</sup>. Este es el caso por ejemplo de las grandes plantas desaladoras de Israel y Singapur. Sin embargo, cuando el factor de utilización es bajo o muy bajo, como parece ser el caso de muchas de las plantas desaladoras de España, el coste real (incluidos los gastos de capital) parece llegar a 2 o 3 euros/m<sup>3</sup>. Este tema esta pendiente de un análisis completo y exhaustivo de la situación en España.

## 4.2. Agua virtual y huella hídrica

El agua utilizada en el proceso de producción de un bien cualquiera (agrícola, alimenticio, industrial) ha sido denominada «agua virtual» (Allan, 2003; 2006). Desde entonces está siendo tratado por diversos autores y desde diferentes puntos de vista.

La Tabla 1 indica el agua virtual necesaria para obtener algunos productos de uso más generalizado. La huella hídrica de un individuo, una empresa o una nación se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para la producción de los bienes y servicios consumidos por dicho individuo, empresa o nación. La suma total del uso de agua nacional (verde, azul y gris) y del agua neta importada se define como la huella hídrica de ese país o grupo colectivo.

## 5. RESUMEN DE LA HUELLA HÍDRICA “EXTENDIDA” DE ESPAÑA

### 5.1. Aspectos generales

En esta sección se presenta un resumen muy breve de aquellos trabajos realizados en los últimos años en relación con la Política del Agua de España que parecen más significativos en relación con el nuevo lema propuesto MORE CASH AND CARE OF NATURE PER DROP. Una versión más general y detallada de muchos temas puede verse en Garrido y Llamas (2009; 2009 bis).

Según Chapagain y Hoekstra (2004), las necesidades de agua total (verde y azul) en España eran del

### Cantidades de agua (litros) para producir una unidad de algunos bienes

Botella de cerveza (250 ml)	75
Vaso de leche (200 ml)	200
Rebanada de pan (30 gr)	40
Una camiseta de algodón (500 gr)	4.100
Una hoja de papel A-4 (80 gr/m <sup>2</sup> )	10
Una hamburguesa (150 gr)	2.400
Un par de zapatos (piel de vaca)	8.000
Carne de vaca (1 kgr)	15.000
Carne de cordero (1 kgr)	10.000
Carne de pollo (1 kgr)	6.000
Cereales (1 kgr)	1.500
Aceite de Palma (1 kgr)	2.000
Cítricos (1 kgr)	1.000

**Tabla 1.** Fuente: Llamas (2005) a partir de Chapagain & Hoekstra (2004).

orden de 100 km<sup>3</sup>/año, que se repartían aproximadamente como se indica en la Tabla 2. Estudios posteriores realizados desde el Observatorio del Agua de la FMB han dado una aproximación mucho más detallada y sensiblemente diferente. Esto confirma la llamada de precaución previa sobre el posible margen de error o incertidumbre en la aplicación de la huella hídrica en estudios a gran escala, y que pueden variar sensiblemente al bajar a una escala mas pequeña p.e. del país, región o cuenca.

De los datos de la Tabla 2 que se presentaron en Llamas (2005) se reproducen ahora algunas conclusiones de interés:

- En nuestro país la agricultura suponía un 4% del PIB (alrededor de 25.000 millones de euros, incluida ganadería y pesca, según INE, media 1995-2005) y el 5-6% de la población activa (1.100.000 de empleos, según INE, media 2000-2005). A su vez el sector agrario generó el 80% del consumo de agua total (verde y azul). La huella hídrica de España mostraba que, de esta agua consumida 2/3 del consumo era con agua precipitada en España y un 1/3 con agua virtual importada de diferentes países, fundamentalmente Francia, Estados Unidos, Argentina y Brasil. Hay que tener en cuenta que estas cifras han ido variando en el tiempo. Así, por ejemplo, en el año 2007 de acuerdo con AgroNegocios (2008) basado en datos del MAPA, el valor de la producción de la rama agraria superó los 40.200 millones de euros en este año, suponiendo las cosechas vegetales un 24.300 y la producción

Valores de los flujos de agua y de la huella hidrológica en España, Italia, EE.UU. Y la India (período 1997-2001)				
	España	Italia	EE.UU.	India
Población (10 <sup>6</sup> )	40,5	57,7	280,3	1.007,4
<b>Abastecimiento urbano</b>				
Km <sup>3</sup> /año	4,2	8,0	60,8	38,6
m <sup>3</sup> /cáp./año	105,0	136,0	217,0	38,0
<b>Evapotranspiración cosechas</b>				
Consumo nacional (km <sup>3</sup> /año)	50,6	47,8	334,2	913,7
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	1.251,0	829,0	1.192,0	907,0
Para exportación (km <sup>3</sup> /año) (*)	17,4	12,4	139,0	35,3
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	430,0	214,0	495,0	35,0
<b>Usos industriales</b>				
Consumo nacional (km <sup>3</sup> /año)(*)	5,6	10,1	170,8	19,1
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	138,0	176,0	609,0	14,0
Para exportación (km <sup>3</sup> /año) (*)	1,7	5,6	44,7	19,1
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	42,0	97,0	159,0	6,0
<b>Agua virtual importada</b>				
a) p. Agrícola (km <sup>3</sup> /año)	27,1	60,0	74,9	13,8
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	671,0	1.039,0	267,0	14,0
b) p. Industriales (km <sup>3</sup> /año)	6,5	8,7	56,3	2,2
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	1.605,0	150,8	208,9	21,8
<b>Re-exportación de p. Importados (*)</b>				
Ídem (m <sup>3</sup> /cáp./año)	11,4	20,3	45,6	1,2
	281,0	351,0	163,0	1,0
<b>HUELLA HIDROLÓGICA TOTAL</b>				
km <sup>3</sup> /año	94,0	134,6	896,0	987,4
m <sup>3</sup> /cáp./año	2.300,0	2.300,0	2.500,0	980,0

**Tabla 2.** Fuente: Llamas (2005) a partir de Chapagain & Hoekstra (2004).

animal unos 14.300. En términos de consumo de agua (hidrológicos), las cosechas suponían un consumo de recursos hídricos azules y verdes españoles de 50.000 Mm<sup>3</sup>/año (Chapagain y Hoekstra; 2004). Mientras, el consumo de agua azul para la producción animal, considerando los servicios de agua exclusivamente suponía sólo unos 259 Mm<sup>3</sup>/año (MIMAM, 2007). A esta última cifra hay que sumarle el agua virtual contenida en las cosechas utilizadas para alimentar el ganado (p.e. piensos). Este tema importante y frecuentemente no incluido en los cálculos, ha sido estudiado recientemente y aclarado por uno de los trabajos realizados en el Observatorio del Agua (Rodríguez *et al.*, 2009)

- b) En el mismo año (2007) el abastecimiento urbano representaba sólo el 5% del agua de la Huella Hidrológica (es decir unos 5 km<sup>3</sup>/año) con un

valor de 4.200 millones de euros (MIMAM, 2007). Hay que advertir que los usos urbanos no son, en general, un uso consuntivo ya gran parte del agua vuelve a los ríos, aunque puede volver contaminada si las plantas de tratamiento de las aguas residuales no operan debidamente.

- c) En ese mismo año el sector industrial consumía el 15% restante y de este porcentaje de agua total consumida (es decir de la huella hídrica de España) algo más de la mitad correspondía a importaciones de productos industriales, es decir, es agua virtual importada. Este 15% de uso de agua generaba un 16% del PIB (101.000 millones de euros, 1995-2005) (INE, 2008) y empleaba al 17% de la población activa (3.100.000 de empleos). Es probable que Chapagain y Hoekstra (2004) incluyeran la industria agroalimentaria en sus cálculos a esca-

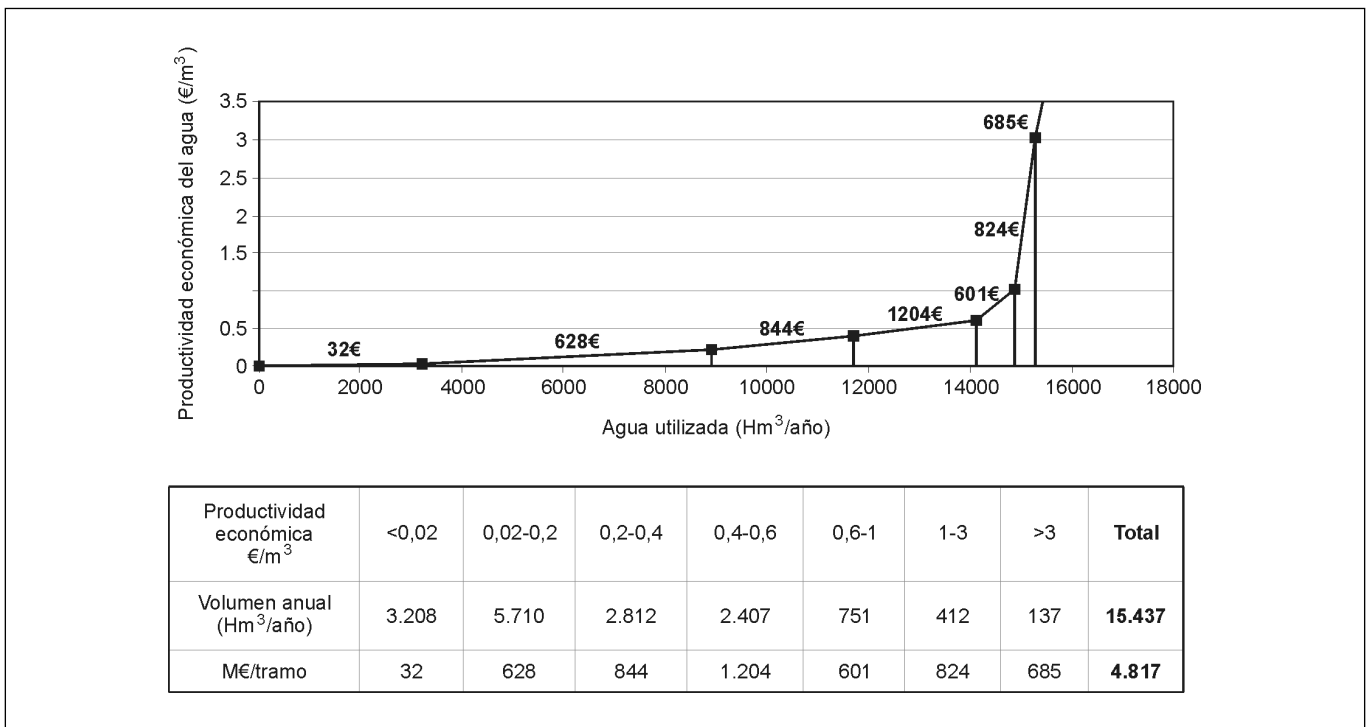
la global en relación a España, y dentro del sector industrial, pero este es un punto que todavía queda pendiente de aclaración.

Estas últimas cifras, referentes a abastecimiento urbano e industrial, corresponden solo a evaluaciones de uso de ‘agua azul’. Estos valores son acordes con los valores de usos de agua azul que figuran en estadísticas oficiales (MIMAM, 2000; 2007), en lo que se refiere a usos urbanos e industriales. Sin embargo, las estadísticas oficiales del MIMAM y del MARM atribuyen un valor menor a las necesidades hídricas agrícolas de acuerdo a las calculadas por Aldaya et al. (2009) ya que hasta ahora las cifras oficiales no incluyen el agua verde (agricultura de secano, pastos naturales, producción de los bosques, etc.).

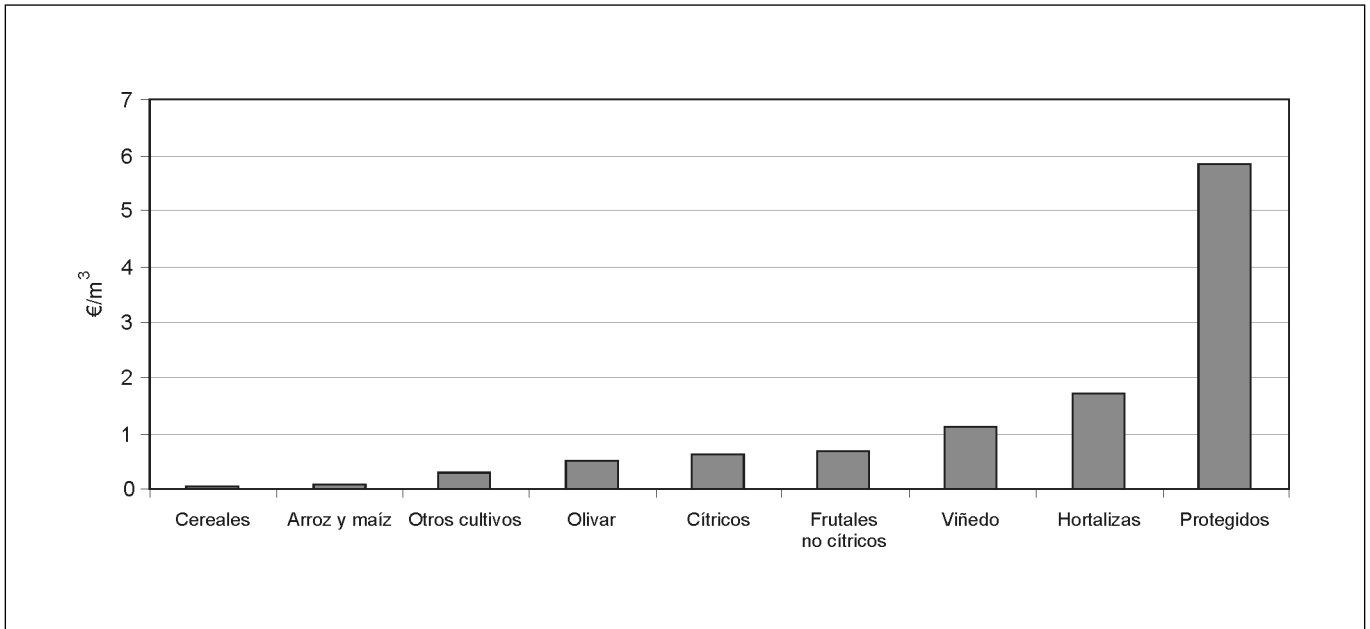
### 5.2. La huella de la agricultura

Actualmente en España, con el 92% del agua utilizada en regadíos se produce poco más de la mitad del valor económico total de los cultivos de regadío —o dicho de uno modo menos exacto pero algo más pedagógico— con el 10% aproximadamente del agua

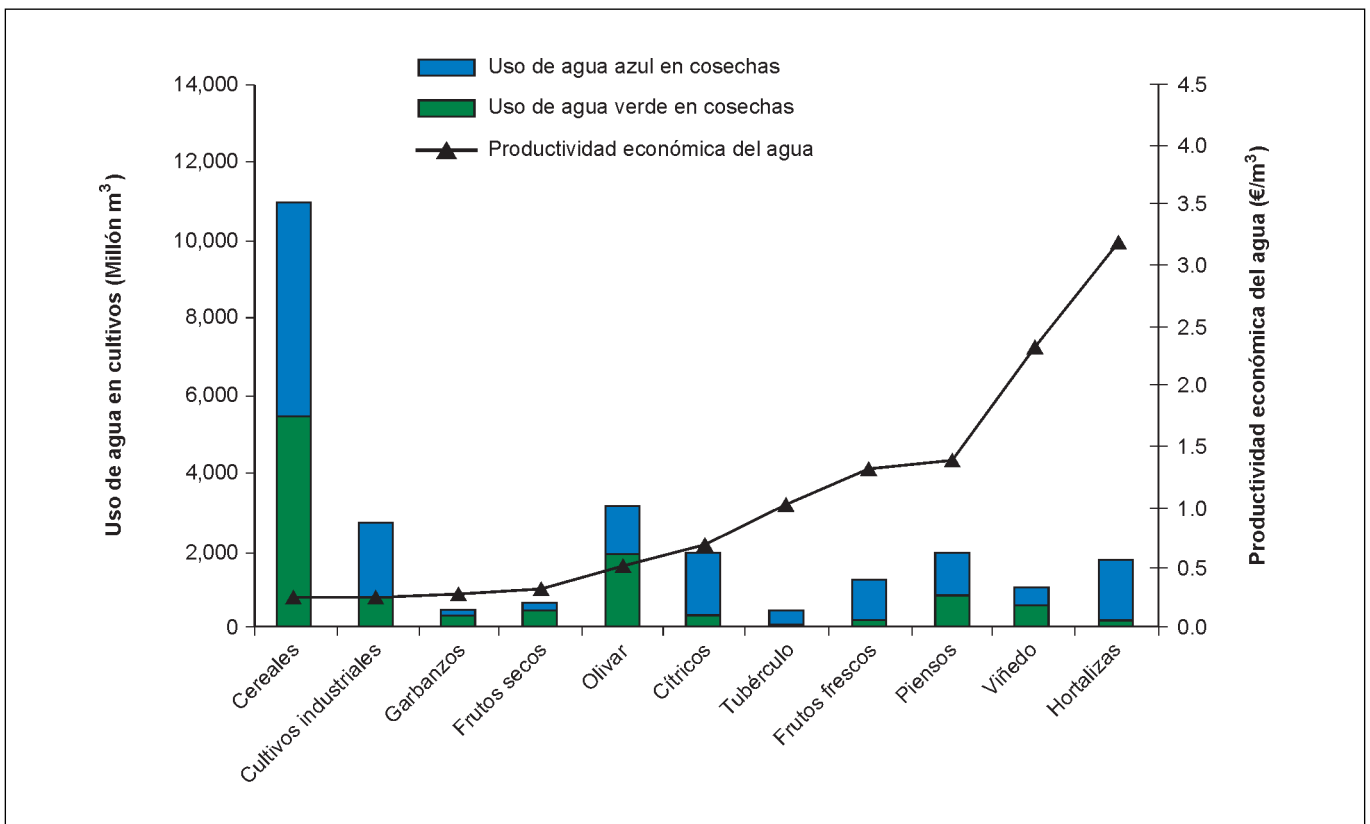
azul de regadío se produce casi el 90% del valor económico de las cosechas correspondientes (Tabla 3). Estos datos han sido evaluados en base a las estadísticas y datos de un informe online del anterior Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM, 2007) que luego han sido publicados como un libro por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM, 2008). Esto puede conllevar grandes consecuencias con vistas a realizar una asignación más adecuada de los recursos hídricos en un futuro más o menos próximo. Los cultivos protegidos y las hortalizas parecen ser los cultivos más rentables seguidos por el viñedo y el olivo, como se muestra en las Figuras 1 y 2 (que presentan los mismos datos pero con diferente representación). No obstante, es importante tener en cuenta que la producción de cultivos protegidos y hortalizas es intensiva en términos de uso de agua e insumos químicos por hectárea. En contraste, el viñedo muestra un bajo consumo de agua y alto valor económico, lo cual sugiere que este cultivo podría desempeñar un papel relevante para alcanzar una asignación eficiente del agua, que sea compatible y propicie la protección del medio ambiente. Parece claro que en un futuro próximo estos datos requieren ser conocidos con mayor rigor y precisión.



**Tabla 3.** Valor económico producido por los distintos tipos de regadío español. Fuente: Modificado de MIMAM (2007; MARM, 2008). Datos para el 78% de las hectáreas.



**Figura 1.** Valor añadido bruto por unidad de agua de riego según grupos de cultivo. Fuente: Tomado de Aldaya et al. (2008). Elaborado a partir de datos del MIMAM (2007) para los años 2001/2002.



**Figura 2.** Productividad aparente del agua ( $\text{€}/\text{m}^3$ ) y consumo de agua verde y azul en la agricultura española (año 2006). Fuente: Tomado de Garrido et al. (en prensa) y Aldaya et al. (en preparación).



Un punto débil en los cálculos realizados por el MIMAM, y más concretamente el resumen de los datos sobre La Economía del Agua elaborados por el MIMAM (2007) y reproducidos en MARM (2008) es que no se distingue los regadíos con aguas superficiales de los regadíos con aguas subterráneas. Esto fue una oportunidad perdida de recabar información actualizada y detallada que pudiera confirmar si hay una diferencia notable entre la productividad de los regadíos con aguas superficiales o subterráneas, como ha sido puesto de manifiesto en una serie de publicaciones (Hernández-Mora y Llamas, 2001; Llamas, 2007). Es muy probable que estos regadíos de alto valor se rieguen con aguas subterráneas o en régimen mixto de aguas superficiales y subterráneas. Los trabajos futuros del Observatorio del Agua, como ya se ha dicho, tienen como uno de sus objetivos recabar información que aporte nuevos datos comparativos sobre la productividad de aguas subterráneas, aguas superficiales y régimen mixto.

### 5.3. La huella de la ganadería

Rodríguez *et al.* (2009) presentan un estudio detallado de la huella hídrica de la ganadería española a lo largo de los últimos años, que tiene especial interés para el análisis de la política del agua española. Este estudio muestra que la huella hidrológica de la ganadería española tiene un gran peso y magnitud. Estas importaciones equivalen al 25 km<sup>3</sup> de agua virtual cada año, que se nutren de las importaciones de cereales, soja (torta de soja o en haba), y otras materias básicas, fundamentalmente de Francia, Argentina, EE.UU., Ucrania y Brasil. Es decir, sólo las importaciones para la ganadería son casi equivalentes al agua virtual total importada para usos agrícolas según Chapagain y Hoekstra (2004) (Tabla 2).

Más del 95% de esta agua virtual importada es agua verde (agua acumulada en el suelo y procedente de la lluvia, no agua aplicada en los sistemas de regadío). En los países exportadores el impacto ambiental de las exportaciones no se centra en el consumo de agua, sino en la contaminación que produce la agricultura intensiva debido a nitratos, uso de transgénicos y pesticidas, y posiblemente deforestación (Brasil).

Es importante tener en cuenta la variación en el tiempo de la Huella Hidrológica de la ganadería

española. De acuerdo con el estudio de Rodríguez *et al.* (2009), tras crecer de manera sostenida cada año desde 1997, la huella hídrica (HH) de la ganadería española tuvo un máximo en 2004 (más de 55 km<sup>3</sup>). A partir del 2004 —en los años 2005 y 2006— se aprecia un descenso ligero, que se traduce en una alteración de la composición porcentual de la HH ganadera, en detrimento del bovino y con un aumento de la carne de ave y de porcino. En el caso de estas especies, su HH es sustancialmente menor, pero en conjunto representan el 25-30 % de la HH de la ganadería. Las razones de esta evolución son difíciles de establecer con precisión, pero probablemente tienen que ver con la fuerte competitividad e integración del sistema ganadero en los subsectores de porcino y pollo, debido en gran parte al menor precio al consumo, comparado con sector de vacuno. El incremento de la demanda de estos productos por parte de los consumidores europeos se traduce por tanto en un incremento correspondiente en las importaciones de granos, soja y otras materias primas empleadas en los piensos.

Parece claro que la importante exportación de productos ganaderos de España, que se viene haciendo en los últimos años, no se podría mantener si los piensos necesarios tuvieran que producirse en España. Este es un ejemplo de los beneficios económicos aportados por el comercio de agua virtual, en este caso en forma de piensos.

### 5.4. La huella hídrica extendida de la cuenca del Guadiana y de otras zonas

En 2007 se realizó el estudio de detalle de la huella hídrica de la cuenca del río Guadiana, aprovechando el estudio de la cuenca del Guadiana que se realizaba dentro del Proyecto de la Comisión Europea denominado NeWATER (Llamas *et al.*, 2010), y al mismo tiempo que se iniciaba en el Observatorio de la FMB el estudio general de la HH del conjunto de España (Aldaya *et al.*, en preparación; Aldaya *et al.*, 2008; 2009). Este análisis parece ser el primero —o uno de los primeros— en todo el mundo en el que se consideran conjuntamente los aspectos hidrológicos y económicos. Fue publicado como el n<sup>o</sup> 3 de la serie de Papeles del agua Virtual (PAV) y reproducido en la serie de UNESCO-IHE (Aldaya y Llamas, 2008). Una versión algo más breve del trabajo fue incluida en la

serie de trabajos científicos que acompañan al THIRD UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT (Aldaya y Llamas, 2009). Según comunicación personal verbal de Teodoro Estrela, anterior Subdirector General para la Planificación Hidrológica del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, este informe del Guadiana, realizado en estrecha colaboración con todas las agentes involucrados en el Plan Hidrológico del río Guadiana, conjuntamente con el artículo de difusión sobre los colores del agua (Llamas, 2005), fue el motivo de que el Reglamento para la Planificación Hidrológica exigiera que se incluyera el método de la huella hídrica en todos los Planes de Cuenca que el MARM debe enviar a la Comisión Europea en 2010.

El equipo del Observatorio de la FMB está finalizando un estudio similar al del Guadiana en la cuenca del Guadalquivir. En breve plazo iniciará también los estudios de otras zonas españolas (en principio, la cuenca del Júcar, las del Adra y Andarax (Campo de Dalías) y una o dos cuencas de la Cornisa Cantábrica. El Observatorio del Agua, conjuntamente con la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos, va a realizar un Seminario en el mes de abril de 2010 sobre la Metodología de la Huella Hídrica. Esta actividad estará dirigida a funcionarios estatales y autonómicos y a empresas consultoras. Dará ejemplos específicos y prácticos sobre la metodología utilizada en la elaboración de las huellas hídricas a nivel de cuenca que puede servir de apoyo al proceso paralelo llevado a cabo por las Confederaciones Hidrográficas que deben realizar las huellas hídricas de los 17 Planes Hidrológicos que el Gobierno español tiene que enviar a Bruselas en 2010. El Observatorio del Agua espera poner a disposición de las Administraciones Estatal y Autonómicas responsables de la realización de estos Planes Hidrológicos una información útil para cumplir con el requisito mencionado del reglamento para la Planificación Hidrológica.

### **5.5. El relevante —y casi ignorado— papel del regadío con aguas subterráneas**

El proyecto sobre las aguas subterráneas (PAS) fue el primer proyecto que realizó la FMB en tema de aguas. Comenzó a finales de 1988 y terminó en 2003

con la presentación en una sesión del IV WORLD WATER FORUM (Kyoto, marzo 2003) del concepto de la REVOLUCIÓN SILENCIOSA DEL DESARROLLO INTENSIVO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. En ese proyecto participaron cerca de doscientos expertos españoles y extranjeros, y dio lugar a la publicación de ocho libros, tres monografías y un centenar de artículos científicos (Llamas, 2003).

La importancia mundial del uso de las aguas subterráneas es cada vez más reconocida. Su uso global ha pasado de 100 a 1000 km<sup>3</sup>/año (Shah, 2008; Lopez-Gunn et al., in press), y su interés crece día a día (Llamas *et al.*, 2006). Esta revolución silenciosa ha generado unos grandes beneficios económicos y sociales, sobre todo en facilitar un proceso de cambio y desarrollo socioeconómico (Llamas and Custodio, 2003; Shah 2008; Mukherji et al. 2009; Giordano and Villholth, 2007) López-Gunn et al. (in press).

En los trabajos ya mencionados sobre la HH realizados por el Observatorio del Agua hasta ahora no se ha podido separar los regadíos con aguas superficiales de los regadíos con aguas subterráneas, excepto en la cuenca del Guadiana. Esto se ha debido esencialmente a la falta de datos fiables en los planes hidrológicos, los actualmente disponibles datan del 1998 o años anteriores. El último censo agrario del Ministerio de Agricultura es de 1999 y en estos diez años la situación ha cambiado notablemente. Hay una coyuntura interesante en la actualización de los datos, con la presentación del nuevo censo agrario que se va a presentar en breve y por otra parte la presentación de los planes hidrológicos de cuenca en el 2010. Como indicativo de que estos nuevos datos sobre las aguas subterráneas pueden ser muy relevantes cabe ya mencionar los casos de Andalucía y de la cuenca del Guadalquivir. Según la amable comunicación personal del antiguo Director General de la Agencia Andaluza del Agua (Corominas, diciembre 2009), en la cuenca del Guadalquivir la superficie regada con aguas subterráneas ha pasado de alrededor de menos de 100.000 hectáreas en el año 1997 a unas 300.000 hectáreas en el año 2008; es decir se ha más que triplicado. En el mismo período los regadíos con aguas superficiales se han mantenido casi constantes alrededor de 500.000 hectáreas. Las cifras análogas para toda Andalucía y en el mismo período de 1997 a 2008 son las siguientes: los regadíos con aguas superficiales han pasado de

618.000 a 683.000 hectáreas; en las aguas subterráneas han pasado de 196.000 a 423.000 hectáreas.

A escala mundial parece ser que hay un proceso similar en muchos países áridos o semi-áridos. Por ejemplo, en la India el regadío con aguas superficiales se mantiene estable en las últimas décadas, sin embargo el regadío con aguas subterráneas a crecido de forma espectacular llegando a alcanzar unos cuarenta millones de hectáreas y cerca de veinte millones de pozos (Vilholth, 2009). Este uso intensivo ha producido estupendos beneficios pero también ha producido algunos problemas medioambientales como puede verse en el número temático de la Revista *Journal of Hydrogeology* (Llamas et al., 2006).

También conviene no olvidar que, si el tan voceado cambio climático llega a producirse, la importancia de las aguas subterráneas será todavía mayor por su estabilidad ante los cambios bruscos y su resiliencia a la sequía.

### **5.6. La huella hídrica de la región de Doñana o cómo conseguir “MORE CARE OF NATURE PER DROP”**

Un informe sobre la aplicación del método de la huella hídrica a la región de Doñana ya está casi finalizado por un equipo del Observatorio del Agua. Se trata de evaluar las necesidades hídricas de este ecosistema de alto valor cultural, paisajístico y, por supuesto, ambiental. Al mismo tiempo ver cuáles son los usos del agua superficial y subterránea que se hacen o que se han hecho en esta región. Los datos preliminares parecen proporcionar una visión optimista para la gestión de este importante ecosistema ya que parecen indicar que sería posible la re-asignación de recursos y compatibilidad entre usos aparentemente conflictivos como son el medio ambiente y la agricultura, sin perjuicio económico para el sector agrario, como para los otros usos urbanos y turísticos o ambientales en Doñana. Se espera llegar a poder proponer una solución tipo WIN-WIN: es decir que ninguno de los grupos interesados (agricultores, ecologistas y empresas turísticas) salga perjudicado sino que todos salgan beneficiados. Se tiene confianza en que resulte un ejemplo de la viabilidad del lema propuesto MORE CASH AND CARE OF NATURE PER DROP.

## **6. CONCLUSIONES**

España es en su conjunto un país semi-árido; de hecho, es el país con menos recursos hídricos por habitante de la Unión Europea (Garrido y Llamas, 2009 bis). Esto explica en gran manera el por que los conflictos sociales y políticos en relación con la gestión de los recursos hídricos hayan sido —y continúen siendo— relativamente importantes. Al mismo tiempo España ha experimentado en el último medio siglo cambios sociales y políticos muy profundos; ha pasado de ser un país predominantemente rural y autárquico a ser un país democrático e industrializado, con una economía de peso global. El peso relativo del sector agrario se ha reducido de modo significativo en relación con el sector de servicios; por ejemplo, hoy en día el turismo supone un valor económico y de puestos de trabajo superior al del sector agrario. El análisis de la política de agua española puede aportar experiencias interesantes para otros países de similares condiciones climáticas (áridos o semi-áridos) o económicas (economías emergentes).

Los avances científicos y tecnológicos conseguidos en las últimas décadas están permitiendo enfocar y resolver de una forma más práctica y consensuada los conflictos sociales y políticos en relación con la gestión de los recursos hídricos. Entre esos avances destacan tres debido a su accesibilidad y coste relativamente reducido: la mayor economía y rapidez del comercio internacional de alimentos, la desalación de aguas marinas y salobres y el uso intensivo de las aguas subterráneas (Lopez-Gunn y Llamas, 2008). Ahora bien la tecnología de la desalación es muy importante para los usos urbanos e industriales pero actualmente su uso para usos agrícolas es muy limitado.

En este documento se han resumido los trabajos realizados en los últimos años dentro de un conjunto de proyectos de investigación realizados por la Fundación M. Botín. Inicialmente, el enfoque se centró en el papel de las aguas subterráneas en el regadío de España, y en una nueva etapa se ha buscado un enfoque más amplio e innovador que engloba todos los usos del agua (azul, verde y gris) en España, su valor económico y su impacto en algunos ecosistemas bajo un prisma integrador como es la huella hídrica y el concepto de agua virtual.

Estos trabajos permiten llegar a las conclusiones siguientes:

1. En España el 90% del agua verde y azul se emplea en usos agrarios. Por tanto este es el sector dónde se debe priorizar y actuar para resolver los conflictos sociales actuales.
2. Gran parte del agua azul se emplea en el regadío de cosechas que son exigentes en agua pero que tienen escaso valor económico. Aproximadamente con el 10% del agua (azul) empleada en el regadío se produce el 90% del valor económico de las cosechas de regadío españolas. Es probable que gran parte de ese regadío se deba al uso intensivo de aguas subterráneas o a regadío de carácter mixto. En comparación al riego con aguas superficiales, el regadío con aguas subterráneas o mixtas ofrecen un mayor dinamismo debido a una serie de características (resiliencia a las sequías, estímulo emprendedor en la zona de influencia, bajo coste de inversión, etc.).
3. La actividad principal de la futura política agraria para una mejor gestión del agua, debería ser una reasignación de muchos de los recursos de agua azul utilizados en el regadío. Algunos de los regadíos tradicionales de escaso valor económico deberían replantearse. Podrían ser parte de una reconversión agraria al secano, en línea con la nueva dirección de la reforma de la Política Agraria Comunitaria y Rural; pagos por servicios ambientales; de una agricultura enfocada en productos de alta calidad; y quizás una agricultura ecológica.
4. El caso de la ganadería es ilustrativo sobre las conclusiones que se pueden extraer al analizar en detalle el papel del comercio internacional y la HH de un sector productivo muy integrado y dependiente de los flujos de comercio internacional. La creación de valor por parte del sistema ganadero español se basa en una ventaja competitiva frente a los países de Europa: su baja densidad de población y la abundancia de existencia de suelo disponible de bajo valor económico. Por ejemplo la Comunidad Autónoma de Castilla-León es la Comunidad Autónoma de menor densidad de España y sin embargo la que mayor HH ganadera tiene. A esta ventaja se añade, por un lado, el desarrollo técnico, organizativo y estructural de sectores, como el de por-

cino y pollo, altamente tecnificado y capitalizado. Y, por otro, las posibilidades de importar soja y cereales a precios relativamente bajos, por ahora incentivadas por la fortaleza del Euro frente al dólar en el 2009 y principios del 2010.

5. En el caso de las aguas subterráneas, es cada vez más apremiante conocer adecuadamente y con transparencia el papel que juegan las aguas subterráneas en la política del agua de España, al igual que diseñar instituciones que permitan realizar su adecuada gobernanza, lo cual en el fondo es lo mismo. Es decir la transparencia de datos refuerza la gestión y el desarrollo económico a largo plazo en base a un recurso cada vez más estratégico como son las aguas subterráneas. De este modo se evitarían desastres ecológicos como el ocurrido en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.

La posible reasignación de recursos de agua azul de regadío gracias a la globalización del mercado de alimentos no significa necesariamente un impacto negativo en la seguridad alimentaria de España. Por lo contrario, es una oportunidad que de hecho puede contribuir a solucionar uno de los temas más problemáticos cara a la directiva Marco Europea, como es disminuir sensiblemente la contaminación difusa de la agricultura intensiva, que es posiblemente el principal problema medio ambiental tanto en España como en casi todos los países industrializados.

España puede ser un país pionero en pasar de una política de MORE CROPS AND JOBS PER DROP a una gestión, todavía en sus orígenes, de MORE CASH AND CARE OF NATURE PER DROP. Esta inevitable transición positiva podría acelerarse con las acciones oportunas que desde el Gobierno podrían fomentar e incentivar la innovación en el sector de agua, alimentos y energía.

---

## REFERENCIAS

1. Aldaya, M.M., Llamas, M.R., Garrido, A. y Varela, C. (2008) "Importancia del conocimiento de la

- Huella Hidrológica para la Política Española del Agua” en *Encuentros Multidisciplinares*, nº 29, Vol. X.
2. Aldaya, M.M. y Llamas, M.R. (2008) “Water Footprint analysis for the Guadiana River Basin”, en *Papeles de Agua Verde*, Núm. 3, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN: 978-84-96655-26-3, 112 págs. Esta publicación ha sido también incluida como la número 35 de la *Value of Water-Research Report Series*, UNESCO-IHE, Delft. The Netherlands. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Publications>
  3. Aldaya, M.M. y Llamas, M.R. (2009) “Water Footprint Analysis (Hydrologic and Economic) of the Guadiana River Basin”, World Water Assessment Programme, The United Nations World Water Development Report 3, Side Publication Series, Scientific Paper, 35 pages, ISBN 978-92-3-104117-4.
  4. Aldaya, M.M., Garrido, A., Llamas, M.R., Varela-Ortega, C., Novo, P. y Rodríguez, R. (2009) “Chapter 6 - Water footprint and Virtual Water Trade in Spain” in Garrido, A. y Llamas, M.R. (eds) (2009) “Water Policy in Spain” CRC PRESS, 246 pp., ISBN-10: 0415554114., pp. 49-59.
  5. Aldaya, M., M., Garrido, A., Llamas, M. R., Varela-Ortega, C., Novo, P. y Rodríguez, R. (in preparation) “Challenging the Conventional Paradigm of Water Scarcity through the Water Footprint: The Spanish Example.” Presentation in the World Water Week, Stockholm August 2008 sent already for publication
  6. Allan, J.A. (2003) Virtual Water- the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor? *Water International*. Vol. 28, Nº. 1, pp. 4-11.
  7. Allan, J.A. (2006) Virtual Water, Part of an invisible synergy that ameliorates water scarcity. In *Water Crisis: Myth or Reality?* (Rogers, Llamas y Martínez, eds.) Balkema Publishers, pp. 131-150.
  8. CAWMA (2007) *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan. London.
  9. Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2004) Water Footprints for Nations. *Value of Water-Research Report Series* Nº. 16, UNESCO-IHE, Delft. The Netherlands.
  10. Custodio, E. (comunicación personal) Diciembre 2009
  11. Falkenmark, M. (1989) The massive water shortage in Africa: why isn't it being addressed? *Ambio*. 18(2):112-18.
  12. Garrido, A (en prensa) Economic Aspects of the virtual water trade: lessons from the Spanish case. comunicación presentada en el FOURTH BOTIN FOUNDATION WORKSHOP (Santander, septiem- bre 2009) sera incluida en el libro “Rethinking water and food Security” Taylor & Francis, publishing Co.
  13. Garrido, A., y Llamas, M.R. (2009) Water management in Spain: An example of changing Paradigms. In *Policy and Strategic Behaviour in Water Resource Management*. Ariel Dinar and Albiac (eds.) Earthscan, London, pp. 125-144. ISBN 978-1-84407-669-7.
  14. Garrido, A. y Llamas, M.R. (eds) (2009 bis) *Water Policy in Spain*. CRC PRESS, 246 pp., ISBN-10: 0415554114.
  15. Giordano, M. and Vilholth, K.G. (Eds.) (2007) *The Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities and Threats to Development*. Volume 3, CABI Publication, Wallingford UK and Cambridge MA USA.
  16. Hernández-Mora, N. y Llamas, M.R. (eds.) (2001) *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Fundación Marcelino Botín y Mundi-Prensa. Madrid, 550 p.
  17. Hoekstra, A.Y. y Chapagain A.K. (2008) *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Blackwell Publishing. Oxford, UK.
  18. INE (2008) Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es/>)
  19. Liu, J., A., Zehnder, J. B. and Yang H. (2009) Global consumptive use for crop production: The importance of green and virtual water. *Water Resour. Res.* 45 WO 5428, 15 pp.
  20. Llamas, M.R. (1989). Comentarios sobre la aplicación de la nueva legislación a la gestión de las aguas subterráneas. *España y el Agua I*. Revista O.P. Colegio de Ingenieros de Caminos, Barcelona, núm. 13, pp. 78-85.
  21. Llamas, M. R. (1992) A água - escassez ou mau uso?. *Coloquio/Ciencias*. Revista de Cultura Científica. Fundação Calouste Gulbenkian - Lisboa, Vol. 4, núm. 12, pp. 52-68.
  22. Llamas, M.R. (1995) La Crisis del Agua: ¿Mito o realidad? *Atti dei Convegni Lincei*, 114, Academia dei Lincei, Roma. pp. 107-115.
  23. Llamas, M.R. (2003) El Proyecto Aguas Subterráneas: resumen, resultados y conclusiones. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas. Fundación Marcelino Botín y Mundi-Prensa, Madrid, Nº 13, 101 pp., ISBN 84-95516-01-2.
  24. Llamas, M.R. (2005) Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. Discurso inaugural del año 2005-06. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Madrid. Vol. 99, No 2, pp. 369-389
  25. Llamas, M.R. (2005bis) Lecciones aprendidas en tres décadas de gestión de las aguas subterráneas en

- España y su relación con los ecosistemas acuáticos. Lecciones Fernando González Bernáldez nº 1, Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez, Universidad Autónoma de Madrid, 66 p.
26. Llamas, M.R. (2006) Avances científicos y cambios en viejos paradigmas sobre la política del agua. *Revista Empresa y Humanismo*, Vol. IX, No 2, pp. 67-108
  27. Llamas, M.R. (2007) Comentarios al resumen del informe del MIMAM (2007) sobre Agua y Economía ([http://rac.es/2/2\\_ficha.asp?id=119&idN3=6&idN4=40](http://rac.es/2/2_ficha.asp?id=119&idN3=6&idN4=40))
  28. Llamas, M.R. and Custodio, E. (ed.) (2003). "Intensive Use of Groundwater: Challenges and Opportunities", Balkema. Publishers. Dordrecht, 478 p. ISBN 9058013905.
  29. Llamas, M.R., Shah, T. y Mukherji, A. (2006) Guest Editors' preface. *Hydrogeology Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 269-274.
  30. Llamas, M.R., Varela-Ortega, C., De La Hera, A., Aldaya, M.M., Villarroja, F., Martínez-Santos, P., Blanco-Gutiérrez, I., Carmona-García, G., Esteve-Bengoechea, P., De Stefano, L., Hernández Mora, N. y Zorrilla, P. (2010) The Guadiana Basin. in "The Adaptive Water Resource Management Handbook", Jaroslav Mysiak *et al.*, (eds.) Earthscan, London, pp. 103-114, ISBN: 978-1-84407-792-2.
  31. Lopez-Gunn, E. (2009) Agua para todos: The new regionalist hydraulic paradigm in Spain. *Water Alternatives* 2(3): 416-439. ([http://www.water-alternatives.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=45&Itemid=44](http://www.water-alternatives.org/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=44))
  32. Lopez-Gunn, E and Llamas, R (2008) Re-thinking water scarcity: can science and technology solve the global water crisis? *Natural Resources Forum* 32 September 228-238
  33. Lopez-Gunn, E, Llamas, M. R, Garrido, A. and Sanz, D. (in press) Chapter 10 Groundwater Management' Vol.1 Treatise on Water Sciences: Management of Water Resources (Editor: Peter Rogers) (Elsevier)
  34. MARM (2008) El agua en la economía española: Situación y perspectivas Informe integrado del análisis económico de los usos del agua. Artículo 5 y anexos II y III de la DMA. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. 320 pp, ISBN 98-84-320450-4
  35. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2007) (<http://www.mapa.es/>)
  36. Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM) (2000) Libro Blanco del Agua en España. 637 pp.
  37. Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM) (2007) Evaluación y conclusiones generales del ciclo de debate: El uso del agua en la economía española: Situación y perspectivas. 27 pp. (<http://www.unizar.es/fnca/docu/docu195.pdf>). Este documento puede verse también en MARM (2008)
  38. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2007) (<http://www.mapa.es/>)
  39. Mukherji, Aditi; Villholth, K. G.; Sharma, Bharat R.; Wang, J. (Eds.) (2009) *Groundwater governance in the Indo-Gangetic and Yellow River basins: realities and challenges*. London, UK: CRC Press. 325p. (IAH Selected Papers on Hydrogeology 15)
  40. Novo, P., Garrido, A., Llamas, M.R. y Varela-Ortega, C. (2008) Are virtual water "flows" in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? Papeles de Agua Virtual nº 1, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN 978-84-96655-24-9, 37 pp.
  41. Rockström, J., Lannerstad, M., y Falkenmark, M. (2007) Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. *PNAS* 104(15): 6253-6260.
  42. Rodríguez-Casado, R., Garrido, A., Llamas, M.R. y Varela-Ortega, C. (2008) La huella hidrológica de la agricultura española. *Ingeniería del Papeles de Agua* 16(1), marzo, Virtual nº 2, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN 978-84-96655-25-6, 38 pp. 27-40
  43. Rodríguez, R., Novo, P. y Garrido, A. (2009) La huella hídrica de la ganadería española. Papeles de Agua Virtual nº 4, Fundación Marcelino Botín, Santander.
  44. Rogers, P., Llamas, M.R. y Martínez Cortina, L. (2006) Foreword. In: *Water Crisis: Myth or Reality?* Rogers *et al.* (eds.). Taylor and Francis Group. London, pp. IX y X
  45. Shah, T. (2008) *Taming the Anarchy? Groundwater Governance in South Asia*, Washington D.C.: RFF Press
  46. Shamir, U. (2000) Sustainable Management of Water Resources. Transition towards Sustainability, Intercademy Panel Tokyo Conference, pp. 62-66.
  47. United Nations Development Programme (UNDP) (2006) Human Development Report 2006: Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis (<http://78.136.31.142/en/reports/global/hdr2006/>)
  48. Vilholth, K. (2009) How to harmonize virtual water trade and future water management and policy dialogue 4th Marcelino Botín Foundation Water Workshop: Re-thinking paradigms: water and food security Santander, Spain, Sep. 22, 2009 (available at [www.fundacionmbotin.org](http://www.fundacionmbotin.org))