

# El nexo agua-energía-tierra: un análisis de la huella hídrica y energética de los regadíos en España



**Bárbara A. Willaarts y Beatriz Mayor**

Investigadoras del Observatorio del Agua de la Fundación Botín

**Editor**

Fundación Botín, 2017

**Autores**

Bárbara A. Willaarts  
Beatriz Mayor

**ISBN** 978-84-15469-57-5

**Copyright**

© Fundación Botín  
© Autores

# El nexo agua-energía-tierra: un análisis de la huella hídrica y energética de los regadíos en España

Bárbara A. Willaarts y Beatriz Mayor

Investigadoras del Observatorio del Agua de la Fundación Botín

## Prologo

La presente monografía resume los resultados de un estudio sobre el análisis de la eficiencia en el uso del agua y la energía del regadío en España entre 2000 y 2011. Dicho estudio fue realizado en el marco de un proyecto de investigación titulado “El Nexo Agua-Tierra-Energía en España”, y financiado por la Fundación el Canal entre 2014 y 2016. El proyecto contó con la participación de investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid (Bárbara Willaarts y Alberto Garrido) y del CIEMAT (Yolanda Lechón, Cristina de la Rúa y Helena Cabal). La elaboración y edición de esta breve monografía ha sido posible gracias a la financiación del Observatorio del Agua de la Fundación Botín, con el objeto de facilitar e impulsar la difusión del conocimiento científico. Los contenidos expresados en este texto son responsabilidad exclusiva de los autores y no recogen la opinión de los organismos financiadores.

## 1. Las complejas interrelaciones entre el agua, la tierra y la energía en España

El agua, la energía y el acceso a la tierra son recursos esenciales para el bienestar social y su demanda ha aumentado significativamente en España desde la segunda mitad del siglo XX. Atender estas demandas crecientes plantea numerosos retos, dado que algunos de estos recursos, como el agua, son limitados y están desigualmente distribuidos en nuestro territorio. En el caso de la energía, el problema no radica tanto la finitud del recurso, sino en la alta dependencia energética del exterior que tiene España de fuentes no renovables, y los problemas que esto plantea para la seguridad energética nacional, así como para mitigar el cambio climático.

Pero más allá de los retos individuales, es importante también no perder de vista las fuertes interrelaciones o “nexos” que existen entre muchos de estos recursos, y por tanto las sinergias y compromisos que se pueden generar entre ellos. El caso más evidente son las estrechas relaciones que existen entre el agua y la energía en nuestro país (Figura 1). Proporcionar un servicio de agua fiable y con unas mínimas garantías de calidad, tiene un importante coste energético y viceversa. Los pocos estudios disponibles muestran, por ejemplo, que mantener el ciclo del agua tiene una demanda energética que equivale al 6 o 7% del consumo eléctrico nacional dependiendo de los años.<sup>1 2</sup> Asimismo, las necesidades hídricas asociadas a la producción de energía se han estimado en torno a 8.760 hm<sup>3</sup>, lo que equivale al 25% del volumen de agua usado anualmente en España.<sup>3</sup>

Las relaciones entre agua y territorio son también muy importantes en nuestro país (Figura 1). España es el país más árido de la Unión Europea y al mismo tiempo es el principal consumidor de agua.<sup>4</sup> Este primer puesto en el ranking de usuarios de agua se debe a la importancia que tiene el regadío en buena parte del país, y a que de manera agregada abarca el 90% del consumo de agua nacional.<sup>5</sup> La mayor parte de la demanda de agua para riego se concentra además el denominado arco mediterráneo, donde la disponibilidad de agua es limitada en comparación con el norte peninsular. Tal y como muestra la in-

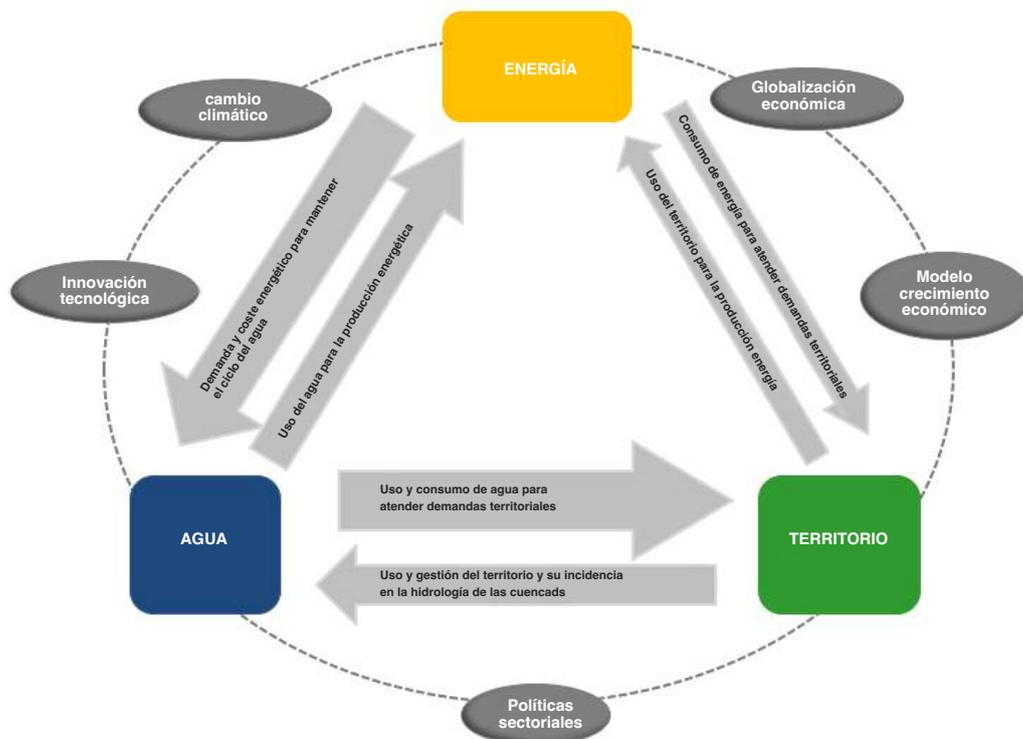
<sup>1</sup> Hardy y Garrido (2010)

<sup>2</sup> Aldaya y Llamas (2012)

<sup>3</sup> Hardy y Garrido (2010)

<sup>4</sup> EUROSTAT (2014)

<sup>5</sup> Aldaya y Llamas (2012)



**Figura 1.** Relaciones entre agua-energía y tierra (AET) en España y condiciones de contorno<sup>6</sup>

formación de los planes hidrológicos, en el 43% de las cuencas hidrográficas españolas el índice de explotación del agua (i.e. ratio entre demandas y recursos renovables disponibles) es superior al 75%, y todas ellas están concentradas en la mitad sur y este peninsular.<sup>7</sup> Esta asimetría entre la oferta y la demanda, es el origen de los numerosos conflictos territoriales existentes.

De los distintos nexos identificados (ver Figura 1), quizás el nexo “territorio y energía” sea el menos importante en clave nacional, dada la elevada dependencia energética que España tiene del exterior. Sin embargo, conviene señalar aquí que el potencial nacional para la producción de energía renovable es muy elevado, y según los expertos debe ser tenido en cuenta en las futuras políticas energéticas.

La magnitud y el sentido de las interacciones o “nexos” entre el agua, el territorio y la energía está fuertemente influenciado por las condiciones de contorno. El marco político e institucional es un factor clave, pero también el contexto socio-cultural, y el modelo de crecimiento económico vigente en España. Desde el punto de vista institucional, la organización de las administraciones y la promoción de políticas sectoriales, como por ejemplo los planes nacionales de regadíos o las políticas hidráulicas impulsadas desde el siglo XX, y más recientemente políticas europeas como la Política Agraria Comunitaria (PAC) y la Directiva Marco del Agua, explican en buena medida los logros y los retos que existen en materia de gestión de agua y territorio en España. Un ejemplo claro lo encontramos al comprobar la elevada correlación espacial que existe entre el mapa de distribución de pagos y ayudas al sector agrícola y el mal estado de las masas de agua.<sup>8,9</sup> En este sentido, un informe elaborado recientemente por el Tribunal de Cuentas Europeo, concluye que los esfuerzos realizados por parte de la Comisión para fomentar una mayor integración entre la Directiva Marco del Agua-DMA (2000/60/CE) y la Política Agraria Comunitaria-PAC, sólo se han alcanzado en parte, dado que existe un desfase entre la ambición de los objetivos e instru-

<sup>6</sup> Willaarts et al. (2016)

<sup>7</sup> Planes Hidrológicos (2015)

<sup>8</sup> SEO Birdlife-WWF (2010)

<sup>9</sup> Willaarts (2015)

<sup>10</sup> TCE (2014)

mentos empleados en ambas políticas.<sup>10</sup> El informe del Tribunal de Cuentas ha puesto de manifiesto también las insuficiencias en los dos instrumentos actualmente empleados por la Comisión para integrar las cuestiones relativas al agua en la PAC (la condicionalidad y el desarrollo rural), y también señala retrasos en la aplicación de la DMA.

Para el caso de España, la aplicación del enfoque del nexo puede ser muy útil para clarificar la intensidad de las interrelaciones que existen entre estos tres recursos en clave nacional, así como para evaluar *ex-ante* o *ex-post* las sinergias y compromisos existentes entre políticas sectoriales. Sin embargo, reconocida la importancia del nexo y la necesidad de entender sus interconexiones, uno de los principales cuellos de botella para alcanzar la implementación de un enfoque integrado o “enfoque de nexo”, tanto a nivel científico como político, es la falta de metodologías de análisis. Esto ha sido puesto de relevancia en los numerosos foros y conferencias científicas dedicadas a este tema que se han sucedido desde la Conferencia de Bonn de 2011.<sup>11</sup>

El objetivo principal de esta monografía es presentar los resultados de uno de los casos de estudios incluidos dentro del proyecto “El nexo agua-energía-tierra en España” financiado por la Fundación el Canal. El caso de estudio en cuestión se refiere al análisis sobre la evolución en el uso de agua (superficial y subterránea) y la energía de los grandes regadíos en España en el transcurso de la primera década del siglo XXI, así como una evaluación sobre las implicaciones asociadas a la promoción de políticas de modernización de los regadíos. Las secciones siguientes describen el contexto de esta investigación, así como los resultados principales. La metodología empleada se describe en detalle en el informe del proyecto “El Nexo Agua-Energía-Tierra en España”.<sup>12</sup>

## **2. La promoción de políticas para aumentar la eficiencia en el uso del agua en el regadío a examen**

El regadío es el sector que más agua consume en España y a menudo se localiza en el epicentro de muchas de las disputas por el agua. Este papel protagonista le convierte también en un sector clave también para encontrar soluciones a los problemas de escasez hídrica que sufren muchas regiones.

En el transcurso de la última década se han implementado numerosas iniciativas para fomentar la eficiencia en el uso del agua dentro del ámbito agrícola español. El Plan Nacional de Regadíos (PNR)<sup>13</sup> es con seguridad la iniciativa estatal más ambiciosa implementada hasta la fecha. Con un presupuesto en torno 3.800 millones de euros para el horizonte 2002-2008, este Plan preveía actuaciones de modernización de regadíos y sistemas de riego en 1,4 millones de hectáreas. Los objetivos de este Plan estaban enfocados a tecnificar los regadíos, aumentando así su resiliencia y competitividad; pero también a mejorar las infraestructuras de riego y, por tanto, fomentar la eficiencia en el uso del agua y reducir la huella hídrica de la agricultura. A este Plan se sumaron otras actuaciones como el Plan de Choque de Modernización de Regadíos (PCMR), aprobado de urgencia en 2006 a raíz de la fuerte sequía que afectó al conjunto del territorio nacional. EL PCMR también contemplaba actuaciones específicas encaminadas a reducir los consumos de agua del regadío español. El objetivo marcado fue el de reducir la huella hídrica de la agricultura en 1.160 hm<sup>3</sup>.

A raíz de la implementación de estos Planes, la superficie con riego localizado se ha incrementado en España en 270.000 hectáreas entre 2002 y 2011 (de 1,28 millones ha en 2002 a 1,55 millones de ha en 2011), mientras que la superficie con riego por gravedad se ha reducido en 249.000 ha (950.000 ha en 2002 a 701.000 ha en 2011).<sup>14</sup> Diversos estudios realizados en comunidades de regantes modernizadas

<sup>11</sup> Hoff (2011)

<sup>12</sup> Willaarts et al (2016)

<sup>13</sup> MAPAMA (2016)

<sup>14</sup> MAPAMA (2011)

apuntan a que los ahorros teóricos de agua previstos bajo estas modernizaciones no han sido los esperados, y que en algunos casos el consumo de agua en regadío incluso ha aumentado.<sup>15 16</sup>

Algunos estudios también inciden en las implicaciones energéticas asociadas a estas modernizaciones de regadíos, dado que la instalación de sistemas de riego a presión ha traído consigo un incremento sustancial de la factura energética.<sup>17 18</sup> En la sección siguiente se analiza la evolución de la huella hídrica y energética asociada a los grandes regadíos en España durante la primera década del siglo XXI.<sup>19</sup>

### 3. Análisis de la huella hídrica y energética del regadío en España

El regadío en España depende fundamentalmente del agua azul o agua de riego (Figura 2). En el periodo analizado, la fracción de agua verde o agua de lluvia empleada para producir estos cultivos representa en promedio el 12% de la huella hídrica del regadío ( $\approx 2.000 \text{ hm}^3$ ). El 88% restante del volumen de agua que sostiene la producción de regadío español ( $\approx 14.300 \text{ hm}^3$ ) es agua azul, de origen superficial y subterráneo.

Al analizar la evolución de este sector, se puede observar que el consumo de agua ligado al regadío en España se ha reducido en el transcurso del primer decenio del siglo XXI entorno a un 7%, de  $17.100 \text{ hm}^3$  en el año 2000 a  $15.600 \text{ hm}^3$  en el año 2011 (Figura 2). Además de los ahorros netos, un hecho interesante ha sido la progresiva sustitución de las fuentes de agua para riego durante el periodo analizado. De acuerdo con los resultados obtenidos, a comienzos del año 2000 el 94% del consumo de agua en el regadío ( $14.093 \text{ hm}^3$ ) era de origen superficial, mientras que en el año 2011 las aguas superficiales apenas representaron el 74% de la huella hídrica del regadío ( $10.425 \text{ hm}^3$ ). Esta reducción se debe al aumento en el uso de aguas subterráneas. De acuerdo con las estimaciones realizadas, en tan sólo 11 años el consumo de aguas subterráneas para regadíos se ha incrementado un 292%: de apenas unos  $910 \text{ hm}^3$  en el año 2000 a más de  $3.575 \text{ hm}^3$  en 2011. El punto de inflexión se sitúa en 2005, y puede estar asociado con la sequía que afectó a casi toda la península durante ese periodo. No obstante, es importante señalar que durante este periodo también se han introducido cambios en el proceso de recopilación de infor-

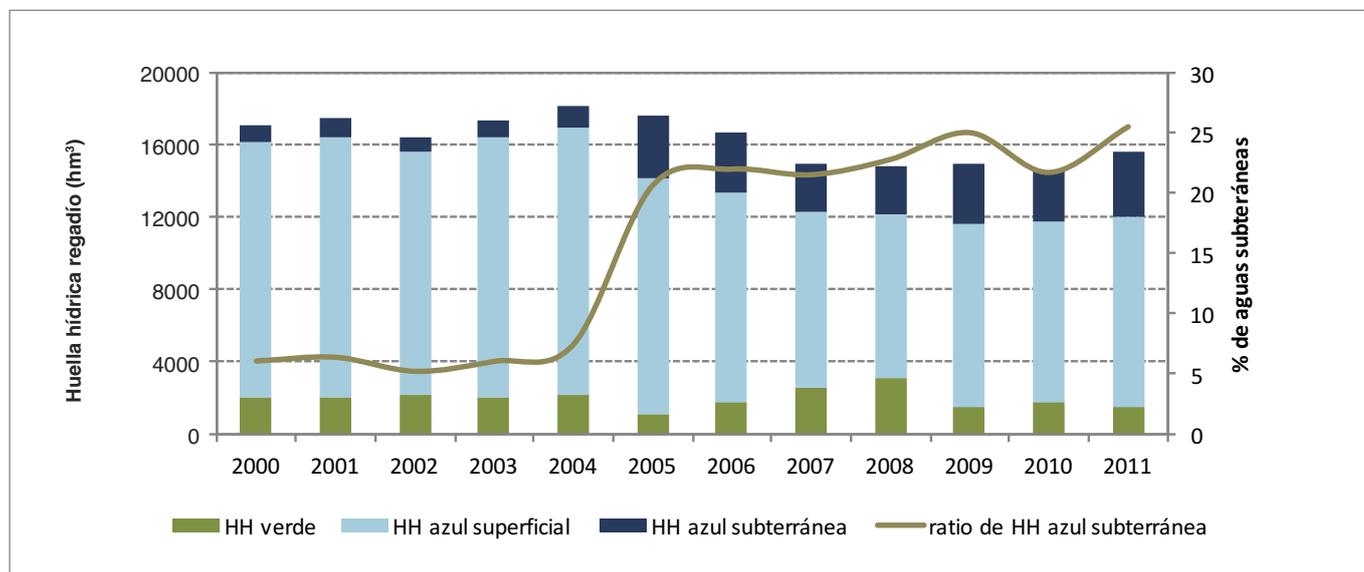


Figura 2. Evolución de la huella hídrica del regadío en España entre 2000-2011

<sup>15</sup> Lecina (2010)

<sup>16</sup> Berbel et al. (2014)

<sup>17</sup> Corominas (2010)

<sup>18</sup> Rodríguez-Díaz et al. (2011)

<sup>19</sup> El análisis se centra en la evaluación de los regadíos cultivados al aire libre, quedando excluidos los regadíos bajo plástico

mación sobre el uso de aguas subterráneas en España, hecho que podría explicar este salto tan grande observado entre 2004 y 2005.<sup>20</sup>

A pesar de los cambios metodológicos, el análisis que se presenta en esta monografía pone de manifiesto que existe una tendencia clara de aumento en el uso de aguas subterráneas para riego en España, y que en 2011 representaba ya el 26% del volumen de agua que se consume en el regadío.

Si se analizan estos cambios hídricos a nivel territorial, se observa que los mayores incrementos en el uso de aguas subterráneas se han concentrado en la mitad sur y este peninsular (Figura 3). En provincias como Albacete, el consumo de aguas subterráneas se ha incrementado un 276%: de 31 hm<sup>3</sup> en el año 2000 a cerca de 261 hm<sup>3</sup> en el año 2011. En Jaén, Ciudad Real y Murcia el incremento del uso de aguas subterráneas también ha sido sustancial (>170 hm<sup>3</sup> anuales). En el este peninsular el consumo de aguas subterráneas también se ha incrementado de manera importante. En Alicante y Valencia, el consumo de aguas subterráneas se estima que ha aumentado 123 hm<sup>3</sup> y 132 hm<sup>3</sup>, respectivamente.

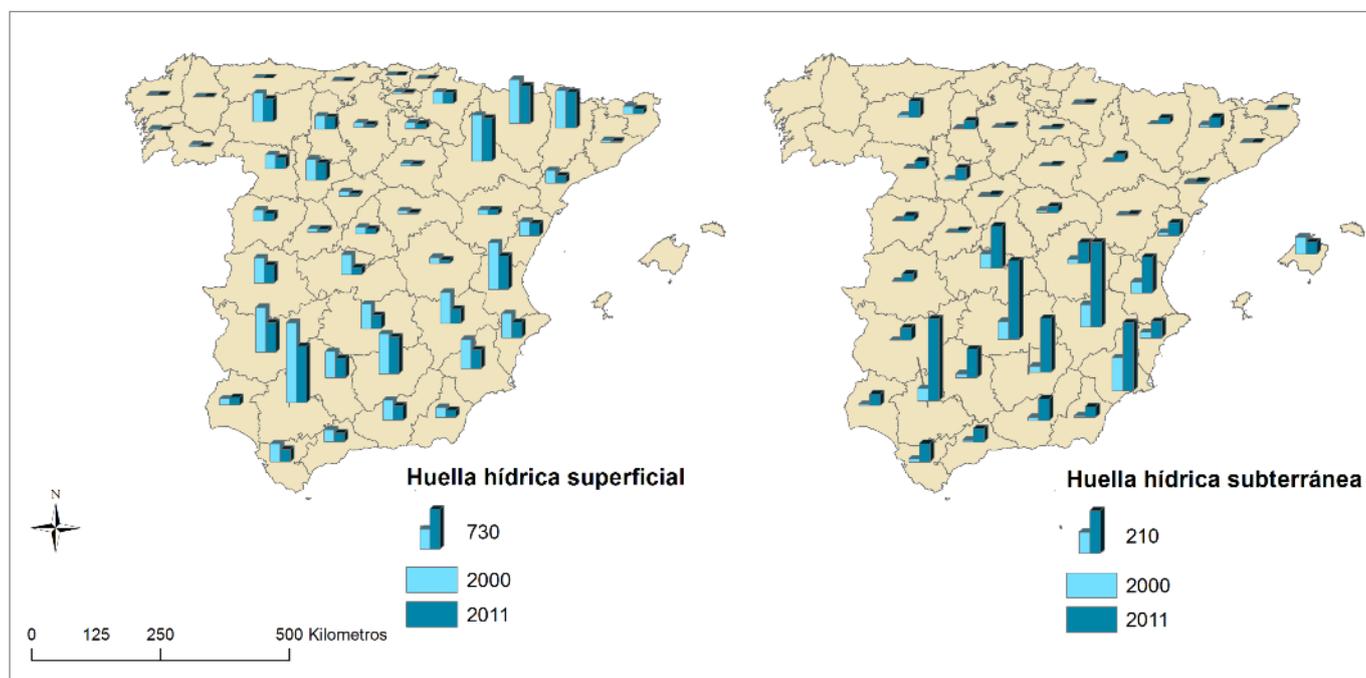


Figura 3. Evolución de la huella hídrica superficial y subterránea del regadío a nivel provincial

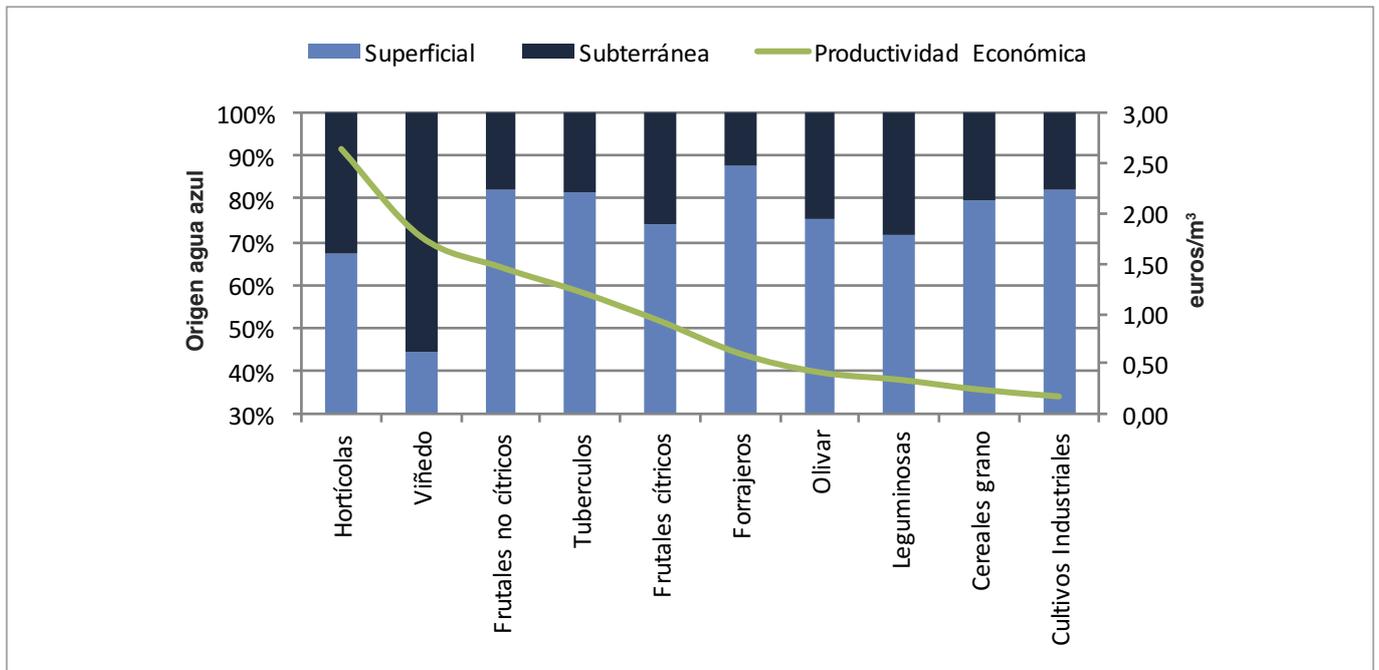
Asociado a este aumento del uso de aguas subterráneas, en muchas provincias se ha producido también una reducción de la dependencia de aguas superficiales. Así por ejemplo, en Albacete el consumo de aguas superficiales se ha reducido en más de 130 hm<sup>3</sup> entre 2000 y 2011. De igual forma, se han registrado reducciones en el consumo de aguas superficiales en Murcia (71 hm<sup>3</sup>), Alicante (63 hm<sup>3</sup>) y Valencia (53 hm<sup>3</sup>). Estos cambios ponen de manifiesto que, junto a los aumentos en la eficiencia en el uso del agua para riego (equivalentes a +3,6% en promedio nacional) y la reducción de las superficies regadas (+1,4%), la sustitución de fuentes de agua para riego ha sido un factor clave durante el periodo analizado.

Las aguas subterráneas son menos vulnerables a la variabilidad climática inherente al clima mediterráneo, y por ello ofrecen una garantía mayor que las aguas superficiales.<sup>21,22</sup> Este hecho explica en gran medida

<sup>20</sup> Las fuentes de información oficiales empleadas para estimar la huella hídrica azul superficial y subterránea de los regadíos en España se han obtenido del Instituto Nacional de Estadística (INE) y del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). El método de cálculo de aguas subterráneas desarrollado por el INE precisamente cambia a partir de 2005

<sup>21</sup> Pavelic et al. (2012)

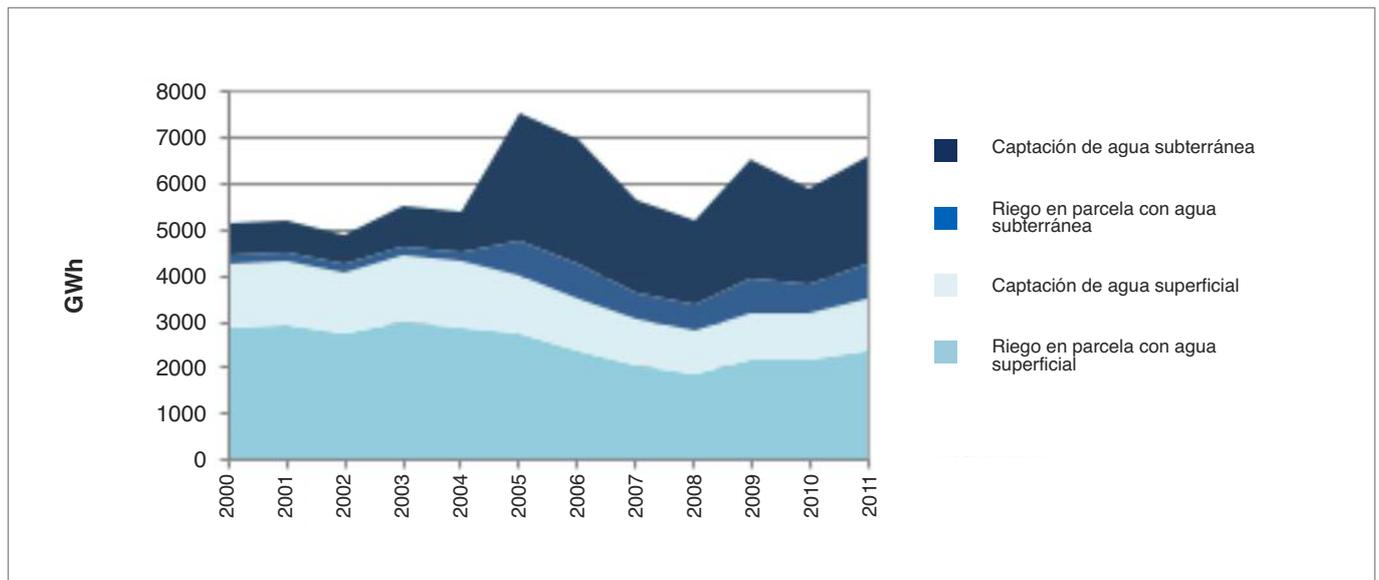
<sup>22</sup> De Stefano and Llamas (2012)



**Figura 4.** Productividad aparente (euros/m<sup>3</sup>) de regadíos al aire libre y fuente de agua para riego de los principales grupos de cultivos en España, año 2008

la conversión de muchos regadíos de aguas superficiales a subterráneas en España a raíz de la sequía sufrida entre los años 2005 y 2008. Mediante esta conversión, los regantes no sólo aumentan su resiliencia y capacidad de adaptación durante los periodos secos, sino también las opciones para aumentar la productividad de los cultivos. Tal y como muestra la **Figura 4**, existe una correspondencia alta entre la productividad de los cultivos y el uso de aguas subterráneas.

La expansión del regadío con aguas subterráneas ha tenido importantes implicaciones energéticas, al igual que la modernización de los sistemas de riego (**Figura 5**). Entre el año 2000 y 2011 el consumo de energía asociado al riego, incluyendo captación y riego en parcela, ha aumentado un 28%. Este aumento del consumo se debe al incremento de la factura energética asociada al uso de aguas subterráneas (de 885 GWh en el año 2000 a 3.090 GWh en el año 2011), dado que en términos absolutos el gasto energético del riego



**Figura 5.** Evolución del consumo de energía del riego en España, periodo 2000-2011

con aguas superficiales ha disminuido durante el periodo analizado (4.263 GWh en el año 2000 a 3.509 GWh en el año 2011). El 74% del aumento de la huella energética del riego con aguas subterráneas está asociado a la captación, mientras que tan sólo el 26% se asocia con la modernización de los sistemas de riego.

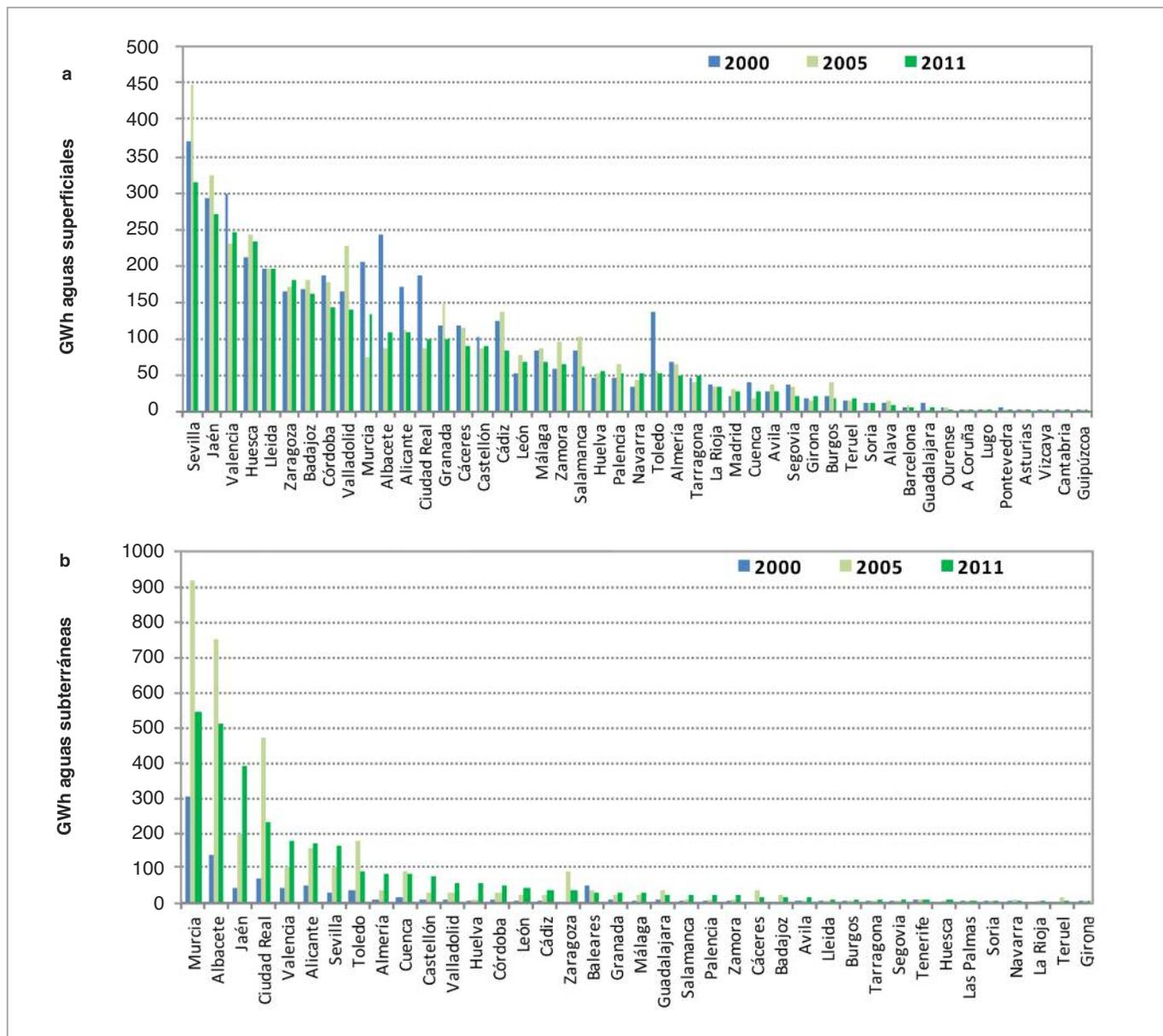
Tal y como se muestra en la **Tabla 1**, el coste unitario de captación de aguas subterráneas (0,45 kWh/m<sup>3</sup>) es seis veces superior al de las aguas superficiales (0,07 kWh/m<sup>3</sup>), lo que explica el gran incremento en el consumo de energía registrado. La presurización de los sistemas de riego en parcela también ha incrementado el coste energético tanto para aguas superficiales (de 0,14 kWh/m<sup>3</sup> en 2000 a 0,15 kWh/m<sup>3</sup> en 2011) como subterráneas (de 0,15 kWh/m<sup>3</sup> en 2000 a 0,16 kWh/m<sup>3</sup> en 2011). Estos aumentos del coste unitario del riego en parcela se deben a la modernización de más de 305.000 ha de regadíos al aire libre, en su mayoría a riego localizado (287.000 ha) pero también a riego automotriz (18.000 ha).

Año	Aguas superficiales			Aguas subterráneas		
	kWh/m <sup>3</sup> captación	kWh/m <sup>3</sup> riego	% coste captación	kWh/m <sup>3</sup> captación	kWh/m <sup>3</sup> riego	% coste captación
2000	0,06	0,14	32,4	0,42	0,15	77,8
2001	0,06	0,14	32,1	0,44	0,14	78,4
2002	0,06	0,14	32,2	0,49	0,15	80,6
2003	0,06	0,14	32,1	0,50	0,15	81,3
2004	0,06	0,14	32,7	0,47	0,15	80,5
2005	0,07	0,15	31,9	0,46	0,15	79,1
2006	0,07	0,15	32,3	0,46	0,15	79,2
2007	0,07	0,16	31,8	0,46	0,17	77,4
2008	0,07	0,15	32,4	0,45	0,16	76,4
2009	0,07	0,15	32,8	0,43	0,16	78,1
2010	0,07	0,15	32,6	0,42	0,16	77,4
2011	0,07	0,15	32,1	0,41	0,16	74,9
<b>Promedio</b>	<b>0,07</b>	<b>0,15</b>	<b>32,3</b>	<b>0,45</b>	<b>0,15</b>	<b>78,4</b>

**Tabla 1.** Evolución de coste unitario (kWh/m<sup>3</sup>) de captación y riego de aguas superficiales y subterráneas

Desde el punto de vista territorial, el 80% de la huella energética asociada a los regadíos con aguas superficiales se concentra en 19 provincias (**Figura 6a**). Sevilla, Jaén, Huesca y Huelva son las provincias con mayor consumo de energía asociado a los riegos con aguas superficiales (> 200 GWh anuales), y de manera conjunta aglutinan el 30% del consumo total. En el caso de los regadíos asociados a aguas subterráneas, el consumo energético está todavía más concentrado, con 11 provincias que suman el 80% del consumo de energía para riego (**Figura 6b**). Las provincias que tienen los mayores consumos de energía por uso de aguas subterráneas son en este caso Murcia, Albacete, Jaén, Ciudad Real y Valencia. Todas estas provincias presentan consumos energéticos anuales superiores a 175 GWh.

Si se analiza de manera conjunta la evolución del consumo de agua y el gasto energético en los regadíos al aire libre en España en el transcurso de la primera década del siglo XXI, queda patente que se ha logrado ahorros netos de agua del 7% (equivalentes a 1.000 hm<sup>3</sup>), pero el consumo de energía se ha incrementado un 28.2% (equivalente a un incremento de +1.450 GWh) (**Figura 7**). Estos cambios están asociados a múltiples factores, incluidos: 1. Una leve reducción de la superficie total regable; 2. Un leve aumento en la eficiencia en el uso del agua fruto de la modernización de los sistemas de riego; 3. Una sustitución de regadíos de aguas superficiales por aguas subterráneas; y 4. Cambios en los patrones de cultivos derivados de la modernización.



**Figura 6.** Evolución del consumo de energía eléctrica (GWh) asociada a la captación y riego con aguas superficiales (a) y subterráneas (b) en las distintas provincias, periodo 2000-2011

#### 4. Conclusiones

El análisis de la evolución de la huella hídrica y energética del regadío en España en el periodo 2000-2011 ha revelado la existencia de un proceso de transición de un regadío poco tecnificado y mayoritariamente sustentado por aguas superficiales, a un regadío modernizado cada vez dependiente de aguas subterráneas. Éstas constituyen una fuente más confiable que permite a los agricultores aumentar la especialización y rentabilidad de las explotaciones, aunque también a expensas de un mayor consumo energético.

Las causas de esta transición se podrían deber a varios factores, incluida la sequía que afectó a España entre 2005-2008, y las políticas de modernización de regadíos. Desde el punto de vista del consumo de agua, el aumento de la eficiencia en el uso del agua, la reducción de las superficies regadas por gravedad, y los cambios en los patrones de cultivos han contribuido a reducir la huella del regadío en torno a un 7% ( $\approx 1.000 \text{ hm}^3$ ). Además, la inestabilidad en la garantía de suministro propiciada por la sequía del 2005-2008, y quizás también por los problemas de escasez en determinados territorios, han con-

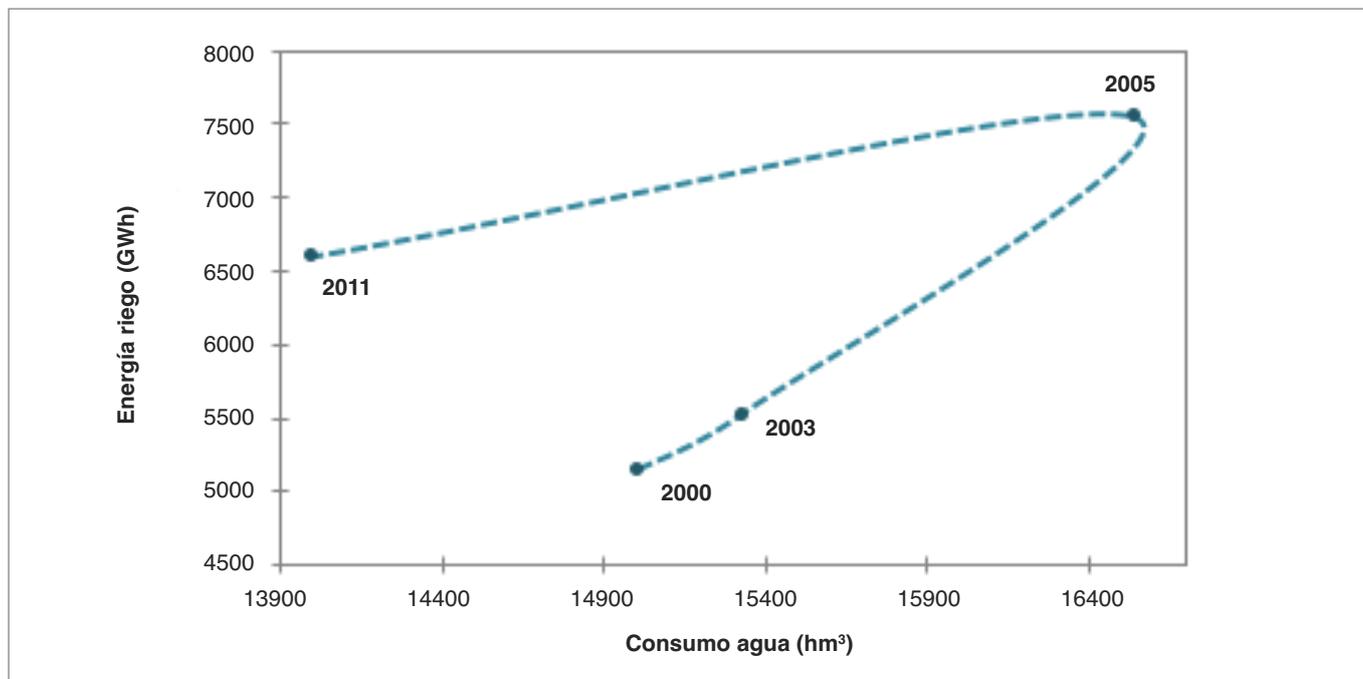


Figura 7. Evolución del consumo de agua (hm<sup>3</sup>) y energía (GWh) en los regadíos al aire libre en España.<sup>23</sup>

tribuido a favorecer inversiones para la explotación de aguas subterráneas. Si en el año 2000 el 94% del agua consumida en los regadíos al aire libre en España era de origen superficial, en el año 2011 ese ratio ha disminuido al 75%, gracias al auge en la explotación de las aguas subterráneas. No obstante, conviene señalar que las fuentes oficiales empleadas en este estudio para determinar el volumen de aguas subterráneas empleadas en riego, son todavía poco precisas y han estado sujetas a cambios a partir de 2005, por lo que estos resultados deben ser tomados como una primera aproximación. Lo que sí es una realidad, es que las aguas subterráneas son una fuente de agua más resiliente a la variabilidad climática inherente al clima mediterráneo, y su facilidad de acceso y manejo, están incentivando su uso en el sector agrícola. Su fiabilidad también está asociada un aumento de la productividad y especialización de muchos regadíos.

Los efectos de los ahorros netos de agua y la expansión del consumo de aguas subterráneas han tenido importantes consecuencias energéticas. Durante el periodo de estudio, la huella energética asociada al riego se ha incrementado en un 28% (5.148 GWh en 2000 a 6.598 GWh en 2011). Cuando se analizan las causas, se observa que el principal factor responsable de este aumento está sobre todo relacionado con el fomento del riego con aguas subterráneas, ya que el coste energético de captación de estas aguas es 6 veces superior al de las aguas superficiales (0,45 KWh/m<sup>3</sup> frente a 0,07 KWh/m<sup>3</sup>). La presurización de los sistemas de riego es también responsable de este aumento del gasto energético, pero en menor medida. Por consiguiente, el aumento del coste energético, sumado al aumento de la tarifa eléctrica, ha constituido con toda seguridad un incentivo para fomentar el ahorro de agua en el regadío, tanto o más que la tecnificación y modernización de los sistemas de riego.

Del análisis territorial se deduce que la producción de regadío al aire libre en España está altamente especializada. El 80% de la huella energética del regadío asociada a aguas superficiales está concentrado en 19 de las 56 provincias. En el caso de las aguas subterráneas, el número de provincias se reduce a 11. Los mayores consumos energéticos se registran en las provincias del sur-este y levante español, zonas con mayor tradición agrícola y climatología más irregular y propensa a las sequías, donde el uso de las aguas subterráneas ha alcanzado el mayor desarrollo. Esto evidencia una especialización territorial y

<sup>23</sup> Gráfico elaborado con datos obtenidos del análisis e inspirado en Berbel et al. (2014)

adaptativa de la agricultura, que paradójicamente ha llevado a las regiones más áridas de España a alcanzar las mayores productividades económicas en agricultura de regadío, aunque a expensas de un elevado coste energético.

## Referencias

Aldaya, M. M. y Llamas, M. R. (eds) (2012). *El agua en España: bases para un pacto de futuro*. Fundación Botín, 90 págs.

Berbel, J., Gutiérrez-Martín, C., Camacho, P., Montesinos Barrios, E. y Rodríguez-Díaz, J. A. (2014). Efectos de la modernización de regadíos en consumo de agua, energía y coste. Disponible en: [http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12117/2014-BERBEL\\_CONGRESO\\_CCRR%20\\_HUELVA.pdf?sequence=1](http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12117/2014-BERBEL_CONGRESO_CCRR%20_HUELVA.pdf?sequence=1)

Corominas, J. (2010). Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. *Ingeniería del agua*, 17(3), 219-233.

EUROSTAT (2014). Annual freshwater abstraction by source and sector. Disponible en: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wat\\_abs&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wat_abs&lang=en) [último acceso: Diciembre 2016]

De Stefano, L. and M.R Llamas, eds. *Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*. CRC Press, 2012.

Hardy L. y Garrido, A. (2010) Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. *Papeles de Agua Virtual* vol. 6. Fundación Marcelino Botín, Santander, 214 pp.

Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E. y Aragüés, R. (2010). Irrigation modernization and water conservation in Spain: the case of Riegos del Alto Aragón. *Agricultural Water Management* 97(10): 1663-1675.

MAPAMA (2011). Anuario de estadística. Disponible en: [www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2011/default.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2011/default.aspx) [Último Acceso: Diciembre 2016].

MAPAMA (2016). Plan Nacional de Regadíos. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/plan-nacional-regadios/texto-completo/> [Último Acceso: Diciembre 2016].

Otero, I.; Boada, M.; Badía, A.; Pla, E. et al. (2010). Loss of water availability and stream biodiversity under land abandonment and climate change in a Mediterranean catchment (Olzinelles, NE Spain). *Land Use Policy*, 28: 207-218.

Pavelic, P., Patankar, U., Acharya, S., Jella, K. y Gumma, M.K. (2012). Role of groundwater in buffering irrigation production against climate variability at the basin scale in South-West India. *Agricultural Water Management*, 103: 78-87.

Planes Hidrológicos (2015). Planes hidrológicos (2009-2015) de 14 Demarcaciones hidrográficas: Cantabrico Oriental, Cantabrico Occidental, Miño Sil, Cuencas Internas de Cataluña, Tinto Odiel y Piedras, Tajo, Guadalete y Barbete, Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Júcar, Guadalquivir, Segura, Guadiana, Duero y Ebro.

Rodríguez-Díaz, J. A., Pérez-Urrestarazu, L., Camacho-Poyato, E., y Montesinos, P. (2011). The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4), 1000-1008.

SEO-Birdlife y WWF (2010). ¿Quién contamina cobra? Relación entre la política agraria común y el medio ambiente en España. Disponible en: [http://awsassets.wwf.es/downloads/informe\\_wwf\\_y\\_seo\\_\\_relacion\\_pac\\_y\\_medio\\_ambiente\\_\\_quien\\_contamina\\_cobra.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_wwf_y_seo__relacion_pac_y_medio_ambiente__quien_contamina_cobra.pdf) [Último Acceso: diciembre 2016].

TCE, Tribunal de Cuentas Europeo (2014). La integración de los objetivos de la política del agua de la UE en la PAC: un éxito parcial. Informe Especial no 4. Luxemburgo, 68 pp. Disponible en: [http://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR14\\_04/SR14\\_04\\_ES.pdf](http://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR14_04/SR14_04_ES.pdf) [Último Acceso: enero 2016].

Willaarts, B. A. (2015). The Water-Food-Energy-Environment Nexus in Spain A useful approach to assess trade-offs and opportunities to increase water productivity and sustainability. Ponencia presentada en el I EU Workshop "Can implementation of the Water Nexus support economic growth in the Mediterranean region? Ankara, Turquía 12-13 Febrero 2015. Disponible en: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/150212\\_AnkaraWaterNexusWorkshop\\_BarbaraWillaarts-2.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/150212_AnkaraWaterNexusWorkshop_BarbaraWillaarts-2.pdf) [Último Acceso: enero 2016].

Willaarts, B. A.; De la Rúa, C.; Cabal, H.; Garrido, A. y Lechon, Y. (2016). *El Nexo Agua-Tierra-Energía en España*. Fundación Canal Isabel II.



FUNDACIÓN  
BOTÍN