

Evolución de la productividad del agua en el proceso de cierre de la cuenca del Guadalquivir

Alfonso Expósito^a y Julio Berbel^{b,c}

^aUniversidad de Sevilla y ^bUniversidad de Córdoba

1. Introducción

Actualmente, la agricultura de regadío en España ocupa cerca del 20 % de la superficie total cultivada y es responsable del 55 % de la Producción Final Agraria (PFA). Esta disparidad entre la importancia relativa del regadío en superficie y producción se explica por la mayor productividad del regadío respecto al secano, llegando a producir como media 6,5 veces más por hectárea. La importancia del regadío es si cabe más relevante en un país como España, sujeto a un clima de tipo mediterráneo con una marcada escasez estacional del agua y con regiones semiáridas como es el caso de la mitad sur de la península ibérica.

En este escenario, el desarrollo agronómico experimentado en la cuenca del Guadalquivir durante los últimos 50 años se ha caracterizado por un considerable aumento de la superficie agrícola destinada al regadío y un cambio en la composición de los cultivos, primando aquellos capaces de generar mayor valor añadido en un contexto de escasez del recurso hídrico y de descenso continuado de las rentas agrarias (1,1 % anual desde el inicio de la década de los 90, según datos de MARM, 2010). El aumento de la presión sobre el agua derivado de la creciente superficie de regadío, junto con aquellas otras ejercidas por los usos alternativos (especialmente del consumo humano), han generado continuos incrementos del coste del recurso en los últimos años. Como respuesta a la escasez, los agricultores se han visto abocados a utilizar el recurso de forma más eficiente.

El objetivo de este trabajo es analizar el papel que la modernización del regadío ha jugado en el proceso de cierre de la cuenca del Guadalquivir. Así, el intenso crecimiento de la demanda del agua de riego observado en las últimas décadas no habría sido posible sin la existencia en paralelo de un intenso proceso modernizador del regadío que, entre otros factores, ha incrementado

las presiones sobre el recurso hasta llevar a la cuenca a su estado actual de «cierre» hidrológico. Para ello, este trabajo se estructura de la siguiente forma. Una primera sección analiza la evolución del regadío en la cuenca, tanto en extensión como en consumo de agua, para continuar con el análisis de los cambios acontecidos como consecuencia de su modernización en los últimos veinte años. En la siguiente sección, se estima la productividad económica del regadío respecto del secano para el período analizado, así como para los cultivos mayoritarios de la cuenca del Guadalquivir, poniéndose de manifiesto como la modernización del regadío ha llevado al agotamiento de la oferta disponible del recurso, así como a cambios en la composición de los cultivos, fomentando la expansión de aquellos más productivos por unidad consumida de riego. Con ello, se pone de manifiesto el importante papel jugado por la modernización del regadío para explicar el continuo aumento de la productividad económica del regadío, y que caracterizaría a una cuenca agotada en términos hidrológicos o «cerrada». Finalmente, se realizan unos comentarios finales y se invita a la discusión.

2. Evolución del regadío en la cuenca del Guadalquivir

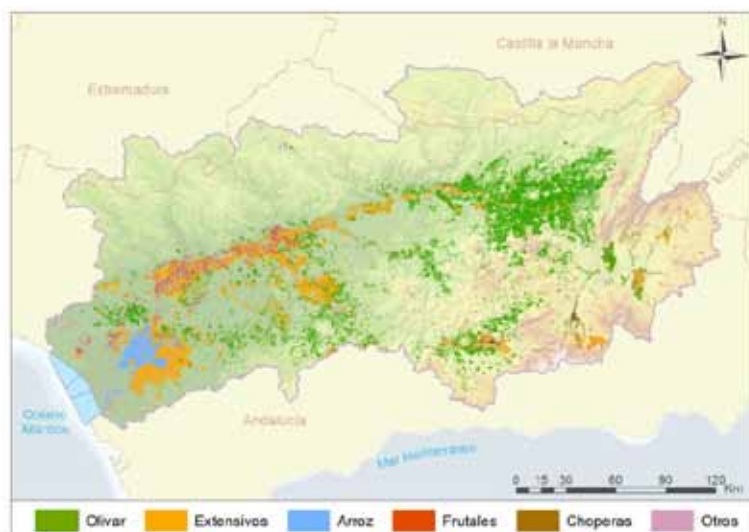
La importancia económica del regadío en España tiene su máximo exponente en el caso de la cuenca del Guadalquivir, donde el proceso de modernización y transformación ha sido especialmente intenso en las últimas décadas, llegando en la actualidad a ocupar más de 850.000 ha de regadío. El Guadalquivir es el río más largo del sur de España, con una longitud de 650 km aproximadamente, y una cuenca que se extiende sobre 57.527 km², donde los usos del suelo se dividen entre bosques (49,1 %), agricultura (47,2 %), zonas urbanas (1,9 %) y humedales (1,8 %). La cuenca tiene un clima mediterráneo con una precipitación media de 573 mm, muy heterogénea y con períodos alternos de sequías prolongadas. La temperatura media anual es de 16,8 °C.

La capacidad de embalse alcanza actualmente los 8.600 hm³ y el consumo medio de la cuenca se sitúa entorno a los 3.800 hm³ anuales (CHG, 2016), de los que cerca de 3.400 hm³ se destinan a satisfacer la demanda de la agricultura de regadío (lo que representa el 85 % de la demanda total de agua de la cuenca). Como se puso de manifiesto en el Plan Hidrológico del Guadalquivir (2008-2013), así como en la planificación para el período 2015-2021, este nivel de consumo ha llegado a su límite máximo al no existir recursos adicionales que puedan ser destinados a la agricultura de regadío. En este contexto de ago-

tamiento de la oferta, el control de la demanda se ha convertido en prioritario, planificándose unas necesidades de ahorro en el consumo de agua de riego como resultado de las inversiones realizadas en la modernización del mismo (Corominas, 2010). Así, la utilización de técnicas de regadío más eficientes en el uso del recurso está jugando un papel fundamental en la consecución de los citados objetivos de ahorro, más aún cuando las presiones para aumentar la superficie agrícola destinada al regadío se mantienen a pesar de la expresa prohibición administrativa para transformar tierras de secano en regadío.

La superficie agrícola de regadío en la cuenca del Guadalquivir representa más del 23 % de la superficie regada a nivel nacional (MAGRAMA, 2015). En las últimas décadas se ha producido una continuada transformación de la agricultura de secano a la de regadío, sobre todo del olivar, cultivo que por extensión es el más significativo de la cuenca (Figura 1). Así, el olivar ocupa un 52 % de la superficie de riego (46 % en 2005, 469.000 ha), seguido en importancia por los cultivos extensivos, con una superficie ocupada de 123.426 ha (14 %). Entre estos últimos destacan los cereales de invierno (14 %), girasol (6 %), algodón (6 %) y maíz (3 %), en este orden y en términos de superficie ocupada. Otros cultivos de especial relevancia en la cuenca son también los frutales, con el 7 % de la superficie, y el arroz, que representa el 4 % (Figura 1).

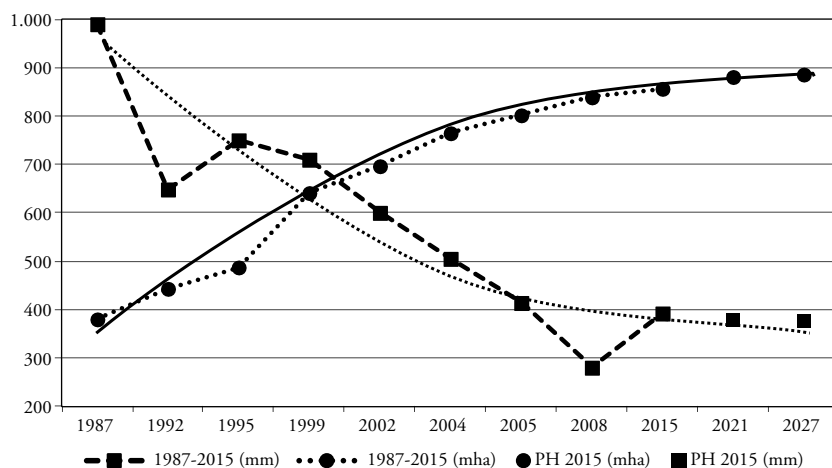
Figura 1. Distribución de cultivos en la cuenca del Guadalquivir



Fuente: PHG 2015-2021 (CHG, 2016).

La superficie de riego en la cuenca del Guadalquivir se ha incrementado de forma continua a lo largo de las últimas dos décadas como consecuencia de la presión ejercida por determinados cultivos (Gráfico 1). Estos aumentos del regadío alcanzaron especial relevancia en la segunda mitad de la década de los noventa, cuando el período de extrema sequía vivido entre 1992 y 1994, disparó la puesta en regadío de numerosas explotaciones por iniciativa privada, especialmente de olivar. La creciente tecnificación del regadío del olivar, junto con la transformación a regadío de cultivos de frutales y hortalizas, así como de cultivos extensivos, mantendrá las elevadas tasas de crecimiento del regadío durante los primeros años del siglo XXI. A partir de 2008, y como consecuencia del paulatino agotamiento de la oferta disponible del recurso, la tasa de transformación de tierras de secano en regadío se desacelera, produciéndose un estancamiento de la superficie de riego en torno a las actuales 860.000 ha. No obstante, y a pesar de la prohibición administrativa de aumentar la superficie agrícola regada en la cuenca, la propuesta del nuevo Plan Hidrológico del Guadalquivir (2015-2021) contempla posibles leves aumentos en el horizonte de 2027 hasta alcanzar las 890.000 ha, aunque muy ligados al aprovechamiento de aguas tratadas de origen residual.

Gráfico 1. Evolución de la superficie (miles de hectáreas) y dotación de riego (mm)



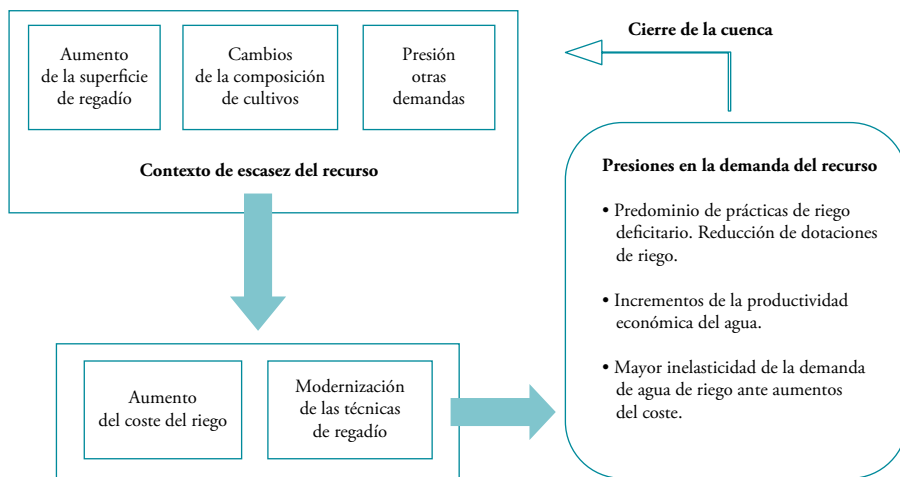
* 1992 y 2008 con restricciones por sequía.

Fuente: CHG, Inventarios de Regadíos, PHG 2008-2014, PHG 2015-2021. Elaboración propia.

Paralelamente al aumento de la superficie de riego en la cuenca, la evolución de la dotación media de riego por hectárea ha registrado una continua reducción en este período, tal y como refleja el Gráfico 1. Mientras que en el año 1987 la dotación media alcanzaba los 9.800 m³/ha, esta se ha reducido hasta los actuales 3.400 m³/ha, nivel que se considera sostenible en los próximos años según la propuesta del PHG (2015-2021). La evolución contrapuesta que han experimentado ambos indicadores (superficie de regadío y dotación media de riego) es solo entendible gracias al relevante papel jugado por la modernización del regadío, sin la cual no habría sido posible multiplicar por dos la superficie regada en la cuenca, al mismo tiempo que se reducía drásticamente la dotación media de riego por hectárea. La mayor eficiencia en el uso del agua como efecto esperado del proceso de modernización del regadío, junto con la apuesta por cultivos más eficientes en el consumo de agua y la mayor capacidad de estos para generar elevados rendimientos agrícolas, han llevado a la cuenca a alcanzar una elevada eficiencia en el uso de sus recursos disponibles, especialmente del agua (aunque también del recurso «tierra», como veremos más adelante). Esta mayor eficiencia productiva de la cuenca se ha traducido en una elevada productividad económica asociada al regadío que, a pesar del continuo aumento de los costes del agua, ha jugado un papel especialmente relevante en el agotamiento de la cuenca para ofrecer cantidades adicionales del recurso, acelerando así el proceso de cierre hidrológico de esta.

En este contexto, las importantes inversiones con financiación pública y privada en modernización de las técnicas de regadío han elevado la eficiencia en el uso del agua, garantizando así la viabilidad productiva de un gran número de explotaciones agrícolas en la cuenca del Guadalquivir. Sin embargo, y como queda reflejado en la Figura 2, el aumento de la superficie de regadío unido a un proceso paralelo de modernización y tecnificación del mismo, ha generado importantes presiones en la cuenca. La reducción en las dotaciones medias de riego y la generalización de las prácticas de riego deficitario han propiciado continuos incrementos en la productividad económica del regadío, reduciendo así la elasticidad de la demanda del recurso ante variaciones en su precio/coste. En este escenario dominado por crecientes presiones sobre el recurso y la desertización del sur peninsular como consecuencia del cambio climático global, la cuenca ha alcanzado un estado de «cierre» al agotar todo el recurso disponible para satisfacer los usos humanos y cubrir mínimamente las necesidades medioambientales de la misma.

Figura 2. Esquema de factores explicativos del cierre de cuenca



Fuente: adaptado de Argüelles *et al.* (2012).

3. Modernización del regadío

La modernización del regadío en la cuenca del Guadalquivir en los últimos años ha estado protagonizada por el Plan de Regadíos de Andalucía (1995-2008). Este plan priorizó la modernización de los regadíos con un doble objetivo. Por un lado, elevar la competitividad de las explotaciones agrícolas, modernizando el campo y garantizando así el sostenimiento de las rentas de los agricultores. Por otro, alcanzar un ahorro de agua y elevar la eficiencia en el uso del recurso, especialmente en un contexto temporal caracterizado por la sequía de los años 1992 a 1995 (Gómez-Limón, 2009). Las inversiones movilizadas para lograr modernizar un total de 352.000 ha alcanzaron los 1.380 millones de euros, de los que el 63 % fue inversión pública. El Plan, además de modernizar el 43 % de los regadíos existentes en 1997, consiguió reducir el consumo de agua en 435 hm³/año, superando las previsiones realizadas al inicio del mismo (CAP, 2010, 2011). La Agenda de Regadíos H-2015 vino a completar el trabajo iniciado con el anterior plan, incorporando la modernización de más de 396.000 ha de regadío y planificando un ahorro esperado de 352 hm³/año. En este caso, la inversión prevista ha superado los mil millones de euros, de los que el 70 % ha estado sujeto a fondos públicos.

Las actuaciones más generalizadas en este proceso de modernización de regadíos han sido las de modificación de las redes de riego, previstas para la implantación de sistemas de riego localizado en su gran mayoría, la construcción de balsas de regulación y la implantación de sistemas de medición y control del consumo de agua. Asimismo, muchas zonas de riego de olivar han incorporado estaciones de bombeo y sistemas de filtrado imprescindibles en sistemas de riego localizado, junto con sistemas de automatización de las redes de riego (Corominas, 2011).

El intenso proceso de modernización del regadío andaluz se observa claramente en el continuo aumento de la superficie de riego localizado. Actualmente es el método mayoritario en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, ocupando un 66 % de superficie regada (Tabla 1). Hay que recordar que este método de riego era minoritario hace no más de dos décadas, con un 12 % de la superficie regada en 1989. Como se puede observar en la Tabla 2, el riego localizado ha ido ganando terreno no solo al riego por gravedad (el menos eficiente) sino también al de aspersión, que en 2008 solo representaba el 12 % de la superficie regada. La adopción de este método de riego ha sido especialmente importante en la explotación de nuevas zonas de riego, especialmente de olivar, aunque también se ha implementado en zonas tradicionales sujetas a modernización. La comparación con el conjunto de España pone de relieve el intenso proceso de modernización vivido en la cuenca del Guadalquivir, muy por delante del experimentado en el resto de España. En concreto, las cifras actuales relativas a la presencia de los distintos métodos de regadío para el conjunto del país muestran que el riego localizado está presente en el 49 % de la superficie regada, seguido del riego por gravedad (27 %) y el riego por aspersión (24 %), según datos de MAGRAMA (2015). De esta forma se puede afirmar que el regadío de la cuenca del Guadalquivir disfruta hoy de un mayor grado de tecnificación y modernización que en el resto de España. Este hecho pone nuevamente de manifiesto el elevado grado de desarrollo agronómico alcanzado por la cuenca del Guadalquivir, lo que la caracterizaría como una cuenca «cerrada» en términos hidrológicos.

Las cuantiosas inversiones asociadas al intenso proceso de modernización del regadío en la cuenca se han traducido también en un aumento del coste del recurso (Tabla 2), como consecuencia de la mayor intensidad en el uso energético de las técnicas de regadío por goteo y aspersión. De esta forma, el coste del agua de riego de origen superficial se ha incrementado en un 47 % en el período 1997-2008, mientras que el agua de origen subterráneo se ha

encarecido 5 céntimos de euro en los mismos años, hasta los 0,14 euros/m³. No obstante, el coste difiere dependiendo de la zona de cultivo de la cuenca. Así, los regadíos del olivar, concentrados en su mayor parte en el medio-alto Guadalquivir, soportan un coste medio de 0,15 euros/m³, mientras que los regadíos extensivos y semi-intensivos del bajo y medio Guadalquivir soportan costes del 0,03 euros/m³ para aguas superficiales y del 0,06 euros/m³ para aguas subterráneas (CAP, 2011).

Tabla 1. Distribución de los métodos de riego en la cuenca del Guadalquivir. En porcentaje

	1989 Censo agrario	1999 Inventario regadíos	2002 Inventario regadíos	2004 Inventario regadíos	2008 (PHG 2009-2013)
Gravedad	61	45	40	38	22
Aspersión	27	20	22	17	12
Localizada	12	35	38	45	66

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes.

Tabla 2. Coste medio del agua por origen del recurso. En euros/m³

	1997	2008	Incremento (%)
Superficial	0,04	0,06	47
Subterránea	0,09	0,14	52
Reutilizada		0,21	

Fuente: CAP (2011).

El crecimiento de la superficie agrícola regada en la cuenca del Guadalquivir, la mayor eficiencia en el uso del agua gracias a la modernización del regadío, así como el incremento del coste del recurso han generado cambios en la composición de los cultivos mayoritarios en la cuenca. Así, se ha intensificado la apuesta por cultivos con una elevada capacidad de generar valor añadido a partir de un uso más eficiente del riego, destacando los cultivos del olivar y los cítricos, como ejemplos más destacados. La Tabla 3 muestra claramente los cambios acontecidos en la evolución agronómica de la cuenca en los últimos años. La superficie ocupada por los cultivos de olivar y cítricos ha experimentado un aumento considerable en los últimos años, mientras que otros cultivos de regadío como el algodón, maíz y remolacha han reduci-

do significativamente su presencia. Paralelamente, la dotación media de agua en la cuenca se ha reducido en aproximadamente 600 m³/ha entre los años 2005 y 2012, afectando a la mayor parte de los cultivos y siendo especialmente relevante en el caso del olivar tradicional. La Tabla 3 muestra también los ratios de suministro relativo de agua (ARIS: *annual relative irrigation supply*) para los cultivos mayoritarios en la cuenca, observándose una reducción de los mismos en la mayoría de los cultivos. No hemos encontrado datos para años anteriores, pero teniendo en cuenta que las dotaciones medias existentes previas a la sequía de 1992-1994 se encontraban en torno a los 9.500 m³/ha, podemos asumir sin miedo a equivocarnos que las dotaciones cubrían más del 100 % de las necesidades de riego de la cuenca a principios de la década de los años noventa. La extensión de las técnicas de riego deficitario, especialmente en el caso del olivar (ARIS de 0,41 y 0,61 para tradicional e intensivo, respectivamente), explicaría las elevadas productividades asociadas al regadío en la cuenca del Guadalquivir. Asimismo, y como veremos en la siguiente sección, estas elevadas productividades no podrían haberse alcanzado sin la mayor eficiencia en el uso del agua gracias al intenso proceso de modernización de las técnicas de riego presentes en la cuenca.

Tabla 3. Dotaciones de riego y ARIS-ratio para cultivos mayoritarios en la cuenca del Guadalquivir (2005-2012)

	Superficie		Dotación (m ³ /ha)		ARIS-ratio	
	2005	2012	2005	2012	2005	2012
Olivar	380.930	393.277	2.281	1.500	0,62	0,41
Olivar intensivo		76.323		2.250		0,61
Algodón	77.020	55.302	6.048	5.600	0,70	0,65
Cereales (invierno)	58.427	67.208	1.500	2.300	0,37	0,57
Hortalizas	49.886	51.470	6.104	5.500	1,03	0,93
Maíz	46.404	17.668	6.624	6.250	0,75	0,70
Frutales	24.795	23.927	5.386	6.000	1,39	1,55
Cítricos	22.578	38.013	5.501	5.500	1,13	1,13
Remolacha	20.185	12.230	3.730	4.500	0,55	0,67
Girasol	18.032	23.251	1.500	3.200	0,31	0,66
Arroz	36.092	35.180	14.000	13.000	1,06	0,99
Media ponderada			3.949	3.392	0,70	0,65

Fuente: MAGRAMA (varios años) y CHG (varios años). Elaboración propia.

4. Productividad económica del regadío en la cuenca del Guadalquivir

Los cambios en la composición de los cultivos más extendidos en la cuenca del Guadalquivir han respondido al objetivo de maximizar la productividad asociada al regadío respecto del secano, generando así nuevas presiones sobre el recurso. El objetivo de esta sección es analizar la evolución de la productividad del agua de riego para el conjunto de la cuenca en las últimas décadas, así como realizar una estimación de la productividad de los cultivos de regadío mayoritarios en la misma. Con ello, se puede observar si los cambios en la composición de los cultivos en la cuenca han seguido un determinado patrón en función de la productividad asociada al regadío, y si la expansión de este, gracias al intenso proceso de modernización ocurrido en las últimas décadas, ha primado un determinado tipo de cultivos.

Con este propósito, la Tabla 4 muestra los rendimientos obtenidos por el secano y el regadío, en términos del valor añadido bruto (VAB) generado, en el caso de la cuenca del Guadalquivir. Los datos correspondientes a los años 1989 y 2005 se obtienen de las estimaciones realizadas por Carrasco *et al.* (2010), las cuales se han completado con una estimación para el año 2012. Para ello, ha sido necesario calcular el VAB a partir de los datos de precios, rendimientos por cultivo, subvenciones y costes directos obtenidos a partir de la información contenida en las Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía, el Observatorio de precios y mercados de la Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, así como de la Encuesta de Cultivos y Rendimientos Agrarios del MAGRAMA.

Al igual que en el trabajo de Carrasco *et al.* (2010), el aumento de productividad que se debe al trabajo y al capital, es decir, a la mejora de semillas, maquinaria, etc., se supone de manera simplificada que está incorporado al incremento de la productividad del secano, quedando, por tanto, el aumento de la productividad del agua como la diferencia entre la productividad (medida en términos de VAB generado por hectárea) del secano y el regadío. Asimismo, y al igual que en el citado trabajo, cabe aclararse que esta consideración supone una importante limitación, ya que la descomposición asumida sería válida solo en el caso en que la agricultura de secano y regadío se diferenciase exclusivamente en la cantidad de agua utilizada, aunque en la realidad intervienen otros factores diferenciadores como la intensidad de uso de capital físico y capital humano, entre otros. Con todo, y asumiendo las limitaciones de esta simpli-

ficación, las estimaciones presentadas en la Tabla 4 muestran las diferencias de productividad asociadas exclusivamente al agua incorporada al regadío.

Tabla 4. Productividad del regadío en la cuenca del Guadalquivir

	1989	2005	2012
VAB riego euros/ha	1.579	2.653	2.660
VAB secano euros/ha	416	598	659
Productividad aparente del regadío frente al secano (euros/ha)	1.164	2.055	2.001
Consumo medio m ³ /ha	9.995	4.137	3.392
Productividad por unidad de riego (euros/m ³)	0,116	0,497	0,603
Superficie regadío (ha)	316.646	801.865	845.986
Superficie secano (ha)	2.412.091	2.128.952	1.950.853

Fuente: Carrasco *et al.* (2010) para los datos de 1989 y 2005. Elaboración propia de los cálculos para 2012. Precios constantes base 2005.

Los resultados muestran cómo la productividad asociada al agua de riego ha aumentado desde los 0,12 euros/m³ en 1995 a los 0,60 euros/m³ en 2012, es decir, un aumento acumulado del 425 %. No obstante, se observan importantes diferencias entre los dos períodos, 1989-2005 y 2005-2012. Así, en el primer período se produce una notable expansión del regadío en la cuenca, lo que se tradujo en un incremento del 153 % en la superficie de regadío, especialmente de cultivos leñosos como los cítricos y el olivar (que representan cerca del 60 % de la superficie regada). Esta expansión del regadío, junto con la reducción del consumo de agua por hectárea en casi un 60 % como resultado de la modernización de las técnicas de regadío, explicarían el importante incremento de la productividad aparente del regadío (calculada como la diferencia entre la productividad por hectárea de regadío respecto al secano) en este período, en un 75 %.

Sin embargo, la evolución en el segundo período (2005-2012) se caracteriza por un estancamiento de la capacidad productiva del regadío frente al secano (en torno a los 2.000 euros/ha en términos de VAB), al igual que ocurre con la superficie dedicada al regadío, que apenas crece un 5 % en este período. Estos hechos indicarían que el incremento observado en la productividad por unidad de riego (de 0,49 a 0,60 euros/m³) en este período se explicaría casi exclusivamente por la mayor eficiencia productiva del regadío, es decir, por el

mantenimiento de los mismos niveles de producción con un menor consumo de agua. De hecho, el consumo medio de agua por hectárea se reduce en un 20 % entre 2005 y 2012, hasta los 3.400 m³/ha, mientras que la mayor capacidad productiva del regadío frente al secano para generar VAB apenas cambia (2.090 euros/ha en 2012 frente a los 2.001 de 2005). Los Gráficos 2 y 3 ayudan a entender este cambio de escenario.

Gráfico 2. Productividad aparente del regadío (euros/ha) y dotación media de riego en la Cuenca del Guadalquivir (m³/ha) (1989-2012)

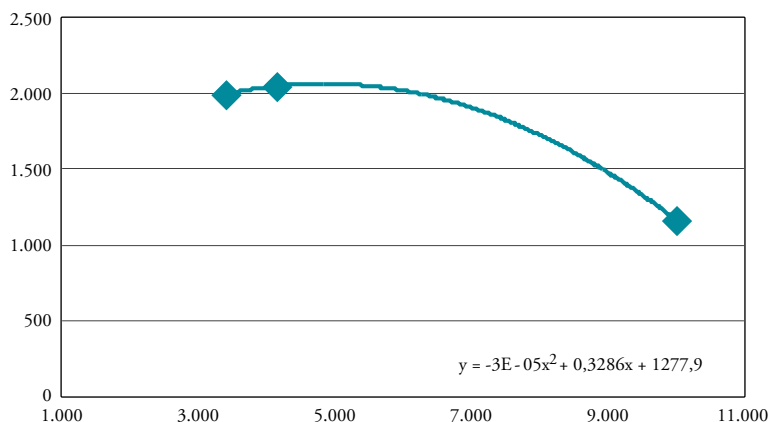
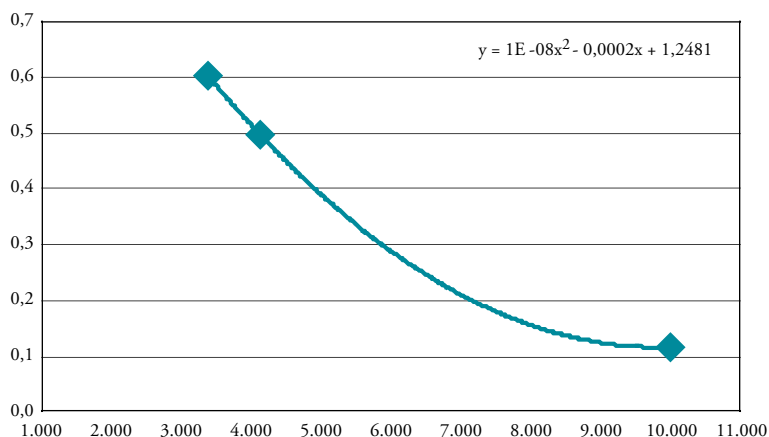


Gráfico 3. Productividad por unidad de riego (euros/m³) y dotación media de riego en la Cuenca del Guadalquivir (m³/ha) (1989-2012)



El Gráfico 2 muestra como la productividad de la tierra (euros/ha) en los cultivos de regadío de la cuenca tiende a estancarse a medida que se reduce el consumo de agua, es decir, ante una reducción en la dotación media de riego (m^3/ha). De esta forma, se puede llegar a afirmar que, en el caso de los regadíos de la cuenca del Guadalquivir, la capacidad para aumentar la productividad del factor «tierra» mediante el regadío tiende a agotarse. En este contexto, la única vía para seguir elevando los rendimientos se centra en el aumento de la productividad del factor «agua», es decir, en la capacidad de generar un mayor VAB por unidad de riego, tal y como se muestra en el Gráfico 3. Así, y como muestra la pendiente de la función polinómica ajustada a nuestras tres observaciones, el aumento de la productividad por unidad de riego (euros/ m^3) se aceleraría a medida que se reduce la dotación media de riego o, lo que es lo mismo, el consumo de agua por hectárea regada, aproximándose la función representada en la figura a lo que sería una función de demanda de riego en la cuenca del Guadalquivir.

En definitiva, ambas figuras estarían representando dos caras de una misma realidad, es decir, el proceso de cierre de la cuenca del Guadalquivir. El intenso proceso de expansión y modernización del regadío ha convertido al agua en el factor limitante de la producción, invirtiendo la aceptación teórica que tradicionalmente asignaba este papel al factor tierra, y donde el agua era considerado un factor productivo abundante. De esta forma, el agotamiento de la capacidad del regadío para generar un mayor VAB por hectárea, ha convertido a la eficiencia en el uso del recurso hídrico en la única vía para seguir obteniendo incrementos de la productividad del regadío en la cuenca del Guadalquivir. Dado que el grado de modernización y eficiencia de las técnicas de riego en la cuenca del Guadalquivir es ya muy elevado, la capacidad de la misma para seguir generando un mayor VAB asociado al regadío tiende a agotarse, lo que, en nuestra opinión, caracterizaría claramente al estado de «cierre» de la cuenca. El Gráfico 4 evidencia este proceso en base a la evolución seguida por los índices del VAB del regadío, la dotación y el consumo de agua de riego en el período 1989-2012, tomando como año base 1989=100.

Con el objetivo de analizar las diferencias en la productividad aparente del agua de riego en diferentes cultivos, la Tabla 5 recoge los resultados obtenidos para aquellos cultivos que ocupan una mayor extensión en la cuenca del Guadalquivir. De igual forma que en el caso global de la cuenca (Tabla 4), y a partir de los datos relativos a rendimientos productivos, superficies cultivadas y precios agrícolas para el año 2012, se ha estimado el VAB por hectárea gene-

rado por aquellos cultivos mayoritarios, tanto en regadío como en secano. la Tabla 5 resume los resultados obtenidos, mostrando que las productividades más elevadas por unidad de riego se alcanzarían en los cultivos de olivar (tanto para aceituna de mesa como de almazara) y cítricos (naranja), superando el euro por metro cúbico de riego. En el extremo opuesto se encontrarían los cultivos del arroz y el algodón, con productividades de 0,19 y 0,21 euros/m³, respectivamente. Estos resultados confirmarían que el aumento en la superficie de olivar y cítricos observado en los últimos años en la cuenca se explicaría por las mayores productividades asociadas al regadío en estos cultivos, en relación a los cultivos alternativos. De esta forma, la variación en la composición de los cultivos presentes en la cuenca habría ejercido una presión adicional sobre el recurso que, junto con el aumento de la extensión ocupada por el regadío, habrían llevado al agotamiento del recurso.

Gráfico 4. Evolución de consumo (hm³), dotación (m³/ha) y VAB del riego (mm euros). Índices con base 1989=100

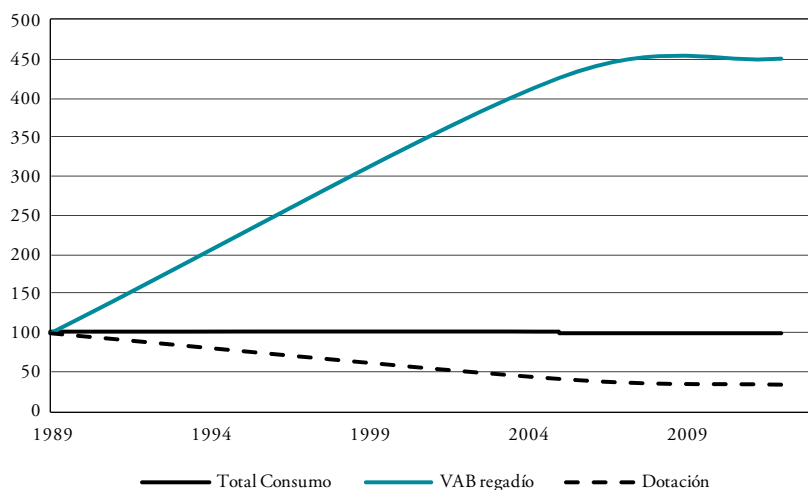


Tabla 5. Productividad de la tierra y del riego en la cuenca del Guadalquivir (2012)

Tipos de Cultivo			Producción Bruta (euros/ha)	Dotación media de riego (m ³ /ha)	Productividad regadío (euros/m ³)
Cereales	Trigo	Secano	431		
	Arroz	Regadío	2.451	10.450	0,23
	Maíz	Regadío	2.768	5.000	0,55
Industriales	Girasol	Secano	471		
	Algodón	Regadío	1.155	4.500	0,26
	Remolacha Azucarera	Regadío	2.726	4.500	0,61
Cítricos	Naranja	Regadío	6.300	5.400	1,17
Olivar	Aceituna mesa	Secano	1.426		
	Aceituna Almazara	Secano	1.302		
	Aceituna mesa	Regadío	1.755	1.500	1,17
	Aceituna Almazara	Regadío	2.500	1.500-2.250	1,11-1,67

El análisis de la productividad asociada al riego en la cuenca del Guadalquivir revela claramente como la mayor eficiencia en el uso del recurso, obtenida gracias a la modernización del regadío, ha conducido a la ampliación de las superficies regadas de aquellos cultivos con elevadas productividades económicas por unidad de riego (olivar y cítricos, principalmente). De esta forma, los limitados recursos hídricos de la cuenca se han ido concentrando mayoritariamente en la explotación de aquellos cultivos más rentables por unidad de agua consumida. Al mismo tiempo, estos cultivos se han expandido hasta agotar la oferta disponible de riego en la cuenca, llevando a esta a su estado actual de «cierre hidrológico». De hecho, la propuesta de Plan Hidrológico (2015-2021) para la cuenca solo plantea un aumento muy marginal del volumen regulado, estando este además enfocado a la corrección de déficits estructurales de zonas con problemas sociales y ambientales.

En resumen, la mayor productividad asociada al regadío respecto del secano, gracias a la mayor eficiencia en el uso del agua alcanzada por el intenso proceso de modernización, caracterizaría a una cuenca hidrográfica técnica y económicamente desarrollada como es el caso de la del Guadalquivir. Asimismo, el agotamiento de la capacidad de generar un mayor VAB por hectárea regada y la creciente productividad asociada al agua de riego reflejarían el es-

tado de cierre irreversible que caracteriza actualmente a la cuenca del Guadalquivir, y donde los aumentos de la productividad del regadío ya solo pueden obtenerse de los potenciales ahorros en el consumo de agua asociados a una mayor tecnificación/modernización de las técnicas de regadío.

5. Discusión y conclusiones

La cuenca del Guadalquivir se caracteriza por una alta productividad asociada al agua de riego y un agotamiento de los usos productivos del recurso, características propias de una cuenca mediterránea desarrollada y cerrada (Berbel *et al.*, 2013). Los agricultores han optado por técnicas y cultivos que maximizan la productividad económica asociada al factor más escaso, es decir, el agua, frente a la tierra. En este sentido, Expósito y Berbel (2016a) muestran como el modelo que mejor explica el comportamiento de los agricultores del olivar se caracteriza por la maximización del valor del producto marginal del agua, al considerarse este como el verdadero factor limitante de la producción, alejándose así de la teoría tradicional que considera a la tierra como el factor agrícola limitante. Asimismo, este comportamiento alcanza una mayor intensidad en entornos de escasez hídrica, como es el caso de la cuenca del Guadalquivir, y donde los agricultores optan por la aplicación de técnicas de riego deficitario para maximizar la mayor rentabilidad económica de sus explotaciones.

Las consecuencias agregadas a nivel de cuenca derivadas de este modelo individual de maximización de la productividad del agua se traducen en mayores presiones sobre el recurso hídrico. De esta forma, el crecimiento de la productividad del agua muy por encima de la productividad de la tierra ha fomentado la expansión de aquellos cultivos con mayores rendimientos por unidad de riego, especialmente olivar y cítricos. Este hecho se ha traducido en un aumento del valor del agua, elevando así la demanda potencial del recurso que, en el caso de no tomar medidas adecuadas de gobernanza, podría resultar en el paradójico agotamiento de los ahorros generados por la modernización del regadío (ver capítulo 8 de Berbel *et al.* en este mismo volumen).

Al mismo tiempo, la mayor eficiencia en el uso del agua, como consecuencia de la implantación de las nuevas técnicas de regadío, se ha incrementado aún más si cabe, por la adopción generalizada de las técnicas de riego deficitario, especialmente en olivar. En nuestra opinión, esta tendencia continúa con la expansión de otros cultivos alternativos en la cuenca que,

como el almendro, y bajo técnicas de riego deficitario o completo, comienzan a sustituir a otros cultivos herbáceos o leñosos de menor productividad.

Aunque el Plan Hidrológico 2015-2021 no plantea nuevos incrementos de las hectáreas regables, con la excepción de un volumen de 30 hm³ (y que implicaría entre 10.000 y 30.000 hectáreas) procedentes de la reutilización de aguas para zonas de alto impacto socioeconómico, creemos necesario dotarse de herramientas que permitan flexibilizar la asignación del recurso hídrico. En este sentido, una de estas herramientas podría ser los mercados de derechos del agua (ver libro coordinado por Gómez-Limón y Calatrava, 2015 en esta misma serie de publicaciones) que, en el particular contexto de la cuenca del Guadalquivir, podrían reducir las crecientes presiones sobre el recurso. De esta forma, las demandas para aumentar la capacidad disponible de riego se paliarían a través de la transferencia de derechos desde las explotaciones menos productivas hacia las más productivas por unidad consumida de riego. Sin embargo, y a pesar de que la Ley de Aguas de 1999 habilita el desarrollo completo de los mismos, estos no han sido totalmente implementados, observándose tan solo cesiones temporales de derechos y alguna cesión permanente tramitada como cambio de características.

Por el lado de la demanda, las medidas de elevación del precio del recurso no tendrían, en nuestra opinión, mayores efectos en términos de reducción del consumo para regadío (Expósito y Berbel, 2016b). En un contexto donde la recuperación de costes por los servicios del agua alcanza niveles aceptables en la cuenca del Guadalquivir (alrededor del 86 % a escala global según Borrero *et al.*, 2016), la elevación del precio del agua de riego no tendría apenas impacto en la demanda. Por ello, el aumento del canon de regulación y/o la tasa de utilización del agua (TUA) para recuperar el porcentaje del coste que todavía no se recuperado como consecuencia de la normativa actual, no debería hacerse con objetivos ambientales (ya que no afectaría a la demanda de agua de manera apreciable), sino en todo caso por razones de equidad social, evitando así que una parte de la población española subvencione a un determinado sector productivo, como es el caso del agrícola. No obstante, este debate atendería a factores de naturaleza socio-política, lo que claramente excede los objetivos de este trabajo.

Como conclusión, se puede afirmar que el intenso proceso de modernización del regadío en la cuenca del Guadalquivir ha generado importantes presiones sobre el limitado recurso hídrico. El crecimiento de la extensión agrícola de regadío, especialmente en aquellos cultivos con elevados rendimientos

asociados al agua consumida, junto con el aumento de la eficiencia en el uso del recurso hídrico gracias a las nuevas técnicas de riego, han elevado las presiones sobre la demanda en la cuenca. Como consecuencia, el agotamiento de la capacidad hidrológica de esta para satisfacer las necesidades humanas (especialmente la agrícola) han llevado a la cuenca a un estado actual de «cierre», lo que al mismo tiempo caracterizaría a una cuenca que ha alcanzado un elevado desarrollo agronómico, concentrando la producción en aquellos cultivos capaces de generar altos rendimientos a partir de una escasez crónica del recurso hídrico. En nuestra opinión, el actual estado de «cierre» hidrológico alcanzado por la cuenca del Guadalquivir tiene carácter irreversible, ya que las presiones sobre la demanda van a seguir produciéndose como consecuencia de la cada vez mayor tecnificación del regadío y del elevado grado de desarrollo agronómico de la cuenca.

Referencias bibliográficas

- ARGÜELLES MARTÍN, A.; BERBEL, J. y GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (2012): «La evolución de la Cuenca del Guadalquivir (España)»; *Revista de Obras Públicas* 3537(159); pp. 1-13.
- BERBEL, J.; PEDRAZA, V. y GIANNOCCARO, G. (2013): «The trajectory towards basin closure of a European river: Guadalquivir»; *International Journal of River Basin Management* 11(1); pp. 111-119.
- BORREGO-MARÍN, M. M.; GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. y BERBEL, J. (2016): «Estimation of cost recovery ratio for water services based on the System of Environmental-Economic Accounting for Water»; *Water Resources Management* 30(2); pp. 767-783. doi:10.1007/s11269-015-1189-2.
- CAP (2010): *Inventario de Regadíos 2008 y su evolución en la última década*. Sevilla, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- CAP (2011): *Agenda del Regadío Andaluz H-2015*. Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.
- CARRASCO, J. M.; PISTÓN, J. M. y BERBEL, J. (2010): «Evolución de la productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir 1989-2005»; *Economía Agraria y Recursos Naturales* 10(1); pp. 57-67.
- CHG (1998): *Plan Hidrológico de Cuenca del Guadalquivir*, R. D. 1664/1998. Sevilla, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/1999/08/27/pdfs/A31813-31838.pdf>.

- CHG (1994): *Plan Hidrológico del Guadalquivir 1992*. Sevilla, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHG (2004): *Inventario de Regadíos*. Sevilla, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHG (2013): *Plan Hidrológico de la demarcación del Guadalquivir 2009-2015*, R. D. 255/2013. Sevilla, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en <http://www.chguadalquivir.es/demarcacion-hidrografica-guadalquivir>.
- CHG (2016): *Plan Hidrológico de la demarcación del Guadalquivir 2015-2021*, R. D. 1/2016. Sevilla, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en <http://www.chguadalquivir.es/demarcacion-hidrografica-guadalquivir>.
- COROMINAS, J. (2010): *Los nuevos Planes Hidrológicos de las Cuencas Andaluzas*. Comunicación presentada en Seminario Nacional «Los nuevos Planes de Cuenca según la DMA». Madrid, Observatorio del Agua de la Fundación Botín.
- COROMINAS, J. (2011): *Análisis de las modernizaciones de regadíos en Andalucía*. Sevilla, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- EXPÓSITO, A. y BERBEL, J. (2016a): «Microeconomics of deficit irrigation and subjective water response function for intensive olive groves»; *Water* 8(6); pp. 254. doi:10.3390/w8060254.
- EXPÓSITO, A. y BERBEL, J. (2016b): «Why is water pricing ineffective for deficit irrigation schemes? A case study in southern Spain»; *Water Resources Management*. Publicado online el 19 de diciembre de 2016. doi:10.1007/s11269-016-1563-8.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. A. (2009): «Implicaciones de la nueva planificación hidrológica para la agricultura de regadío»; en Gómez-Limón, J. A.; Garrido, A.; Calatrava, J.; Sáez-Fernández, F. J. y Xabadía, À., eds.: *La economía del agua de riego en España*. Almería, Fundación Cajamar; pp. 33-54.
- GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. y BERBEL, J. (2013): *Causas, efectos y políticas para prevenir el efecto rebote de la modernización de regadíos*. Comunicación presentada en VIII Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Portugal, Lisboa.

- INE (1989): *Censo Agrario de España*. Madrid, Instituto Nacional de Estadística.
- MAGRAMA (varios años): *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE)*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAGRAMA (2015): *ESYRCE. Informe sobre Regadíos en España*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MARM (2010). *Estrategia Nacional para la Modernización Sostenible de los Regadíos H2015*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.