



Evolución de la productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir 1989-2005

José Manuel Carrasco^a, Juan Máximo Pistón^a y Julio Berbel^a

RESUMEN: Para entender el desarrollo de la agricultura de riego es necesario estudiar la evolución de la productividad del agua en los cultivos de regadío. Este trabajo analiza la evolución de este indicador en los años 1989 y 2005 en la Cuenca del Guadalquivir. Para ello, se han utilizado datos estadísticos que, primero, han sido tratados a nivel comarcal y de cultivo y, posteriormente, se han agregado hasta obtener un valor global para toda la cuenca. Del conjunto de los resultados se deduce un valor de la productividad aparente del agua de aproximadamente un 0,5 €/m³ para el año 2005 y un incremento de un 327% respecto al año 1989.

PALABRAS CLAVE: Regadío, productividad, agua, eficiencia, escasez.

Clasificación JEL: O13, Q25.

Evolution of water productivity in the Guadalquivir basin 1989-2005

SUMMARY: In order to understand the development of irrigated agriculture, it is necessary to study the evolution of irrigated crop water productivity. This research analyzes the evolution of this indicator for the Guadalquivir basin between 1989 and 2005. Statistical data has firstly been treated at a regional and cultivation level and, subsequently, they have been aggregated to obtain a global value for the whole basin. Results indicate that the irrigated crop water productivity is 0.5 €/m³ for 2005 representing a 327% increase with respect to the 1989 value.

KEYWORDS: Irrigation, productivity, water, efficiency, shortage.

JEL classification: O13, Q25.

^a Departamento de Economía, Sociología y Política Agraria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes, Universidad de Córdoba.

Agradecimientos: : La primera versión de este artículo ha constituido el proyecto fin del Máster de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad de Málaga del primero de los autores.

Dirigir correspondencia a: José Manuel Carrasco. E-mail: jose.carrasco@uco.es

Recibido en junio de 2009. Aceptado en enero de 2010.





1. Introducción

El agua es un recurso limitado que está sometido a una presión creciente, lo que hace que su valor y coste de oportunidad aumenten, especialmente, en la Cuenca del Guadalquivir, donde la escasez de agua es una situación estructural que se agrava en períodos coyunturales de sequía.

En los últimos 20 años ha habido un incremento de la superficie de regadío en la cuenca, motivado principalmente por el cultivo del olivar. En el resto de cultivos herbáceos y frutales, se ha producido un proceso de modernización en el riego aumentando el uso del riego localizado y aspersión frente al riego superficial. La escasez de agua ha provocado que la mayoría de los cultivos estén usando riego suplementario¹, siendo los cultivos mediterráneos (o adaptados), principalmente de secano (trigo, girasol, olivar), los que reciben unas dotaciones suplementarias de baja cuantía, lo cual es clave para entender la evolución de la productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir.

El objetivo de este trabajo es analizar el incremento de la productividad del agua que se ha dado entre los años 1989 y 2005 en la Cuenca del Guadalquivir e identificar que parte proviene de un mejor uso del agua.

En algún trabajo reciente como el de Garrido *et al.* (2008), la productividad aparente del agua en la Cuenca del Guadalquivir fue analizada mediante un enfoque econométrico, obteniendo un valor de la citada productividad de 0,23 €/m³, si bien estos autores usan como consumo del agua datos del MIMAM basados en concesiones administrativas² y en la evapotranspiración potencial máxima (ETP)³, datos que no coinciden con los consumos reales de agua de riego utilizados en este trabajo. Tampoco se ha tenido en cuenta el aumento de productividad que el crecimiento del riego y el mejor uso del agua traen consigo.

2. Evolución del riego en el Guadalquivir

La Cuenca del Guadalquivir es la cuenca de mayor peso en el regadío español, ya que representa un 23,1% de la superficie regada a nivel nacional (Gómez-Limón, 2009). Desde 1990 se ha producido una transformación de la agricultura de secano a la de regadío, sobre todo del olivar, cultivo que por importancia y tradición es el más significativo de la cuenca.

¹ El riego suplementario, también llamado deficitario, se define como el aporte de agua de riego en una cuantía inferior a la que determina la ETP máxima y, por tanto, asumiendo una producción inferior al máximo técnico.

² Concesión administrativa: Cantidad de agua asignada a un usuario (regante, municipio, etc.) según las previsiones del Plan Hidrológico de Cuenca en las condiciones particulares (garantía y otros) que el título concesional otorgue a los caudales concedidos.

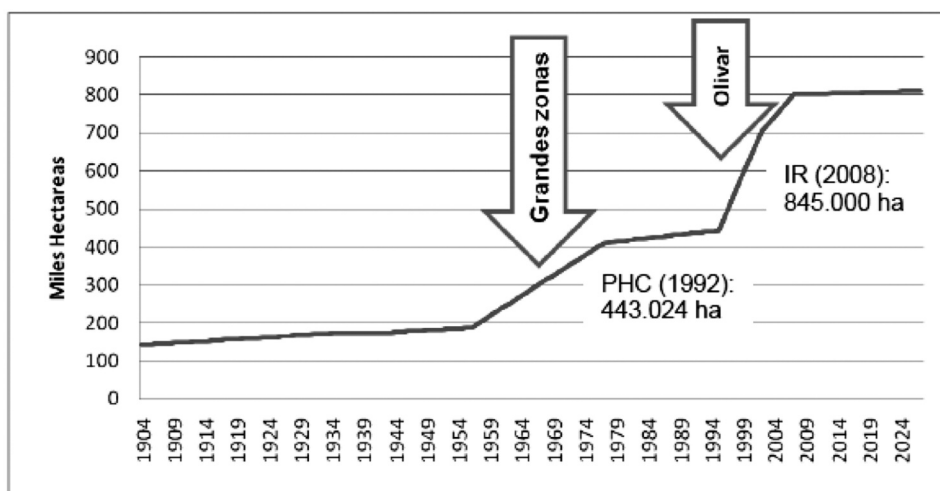
³ Evapotranspiración Potencial Máxima: Tasa máxima de evaporación de una superficie completamente sombreada por un cultivo verde, sin limitación en el suministro hídrico. [Penman (1948) y Thornthwaite (1948)].





El riego en la cuenca se ha incrementado de manera paulatina, tal y como muestra el Gráfico 1. En él se puede observar que, aunque las variaciones han sido siempre positivas, se presentan dos periodos de crecimiento acelerado que destacan sobre los demás; uno fue en las décadas 1960-1980 debido al gran desarrollo de infraestructuras hidráulicas de iniciativa pública, el otro, a partir de 1995, en el que se produjo un período de extrema sequía con desarrollo del cultivo de olivar en regadío por iniciativa privada.

GRÁFICO 1
Evolución de la superficie de riego en la Cuenca del Guadalquivir
(estimación a 2024)



PHC: Plan Hidrológico de Cuenca. IR: Inventario de regadíos.

Fuente: Elaboración propia.

A pesar del aumento de la superficie de riego, la evolución de las dotaciones⁴ y demandas⁵ no presenta esta rápida variación, es más, no se preveé que se incremente en los próximos años. Incluso se puede observar en el Cuadro 1 que el consumo medio (consumo de un año sin restricciones) en parcela por hectárea ha disminuído un 39% en el periodo 1992-2008.

Además, el consumo real tiene una reducción más drástica, ya que las dotaciones reales suelen estar por debajo de las concesiones nominales, resultando como media de los últimos diez años el 71% de los derechos nominales. En el Gráfico 2 se pre-

⁴ Dotación: Aportación anual de agua de riego a una parcela o, por extensión, a una comunidad de regantes.

⁵ Demanda de agua: Volumen de agua que el agricultor desea consumir en las condiciones económicas en que esta agua es ofrecida.



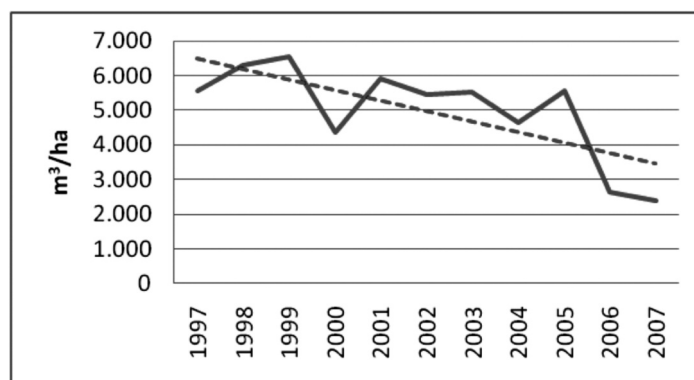
CUADRO 1
Superficie y concesiones de riego en varios años

Riego	Superficie (ha)	Incremento (ha)	Dotación (m ³ /ha)	Incremento (m ³ /ha)	Concesiones en vigor (hm ³)	Incremento (hm ³)
1992 (PHC)	443.024	—	6.485	—	2.874	—
2005 (CHG)	801.865	81%	4.137	-36%	3.176	11%
2008 (ETI)	845.000	91%	3.953	-39%	3.336	16%

Nota: Consumo en parcela.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (1994, 2008 y 2009)

GRAFICO 2
Dotación media grandes zonas riego Guadalquivir



Fuente: Elaboración propia a partir de Oficina de Planificación-C.H. Guadalquivir (2008).

senta esta evolución para una muestra de grandes zonas regables que representan 200.000 ha de riego (el 25% de la superficie regada en la cuenca).

Esta reducción en el consumo real de agua implica que la garantía de suministro es cada vez más baja. Por otra parte, se observa en el Cuadro 2 una situación generalizada de riego deficitario, también llamado suplementario, que muestra como el índice 'ARIS', definido por el ratio 'dotación riego/necesidades riego', es próximo al 70%.

El Cuadro 2, que se ha realizado para el 100% de la superficie de regadío de la cuenca, también pone de manifiesto el gran peso en ésta de los cultivos más adaptados a la sequía y al clima mediterráneo, como son el trigo, olivar y girasol, los cuáles presentan valores del índice ARIS de 0,30 a 0,60, por lo que originan un descenso en la media del índice de la cuenca.

CUADRO 2
Dotación y necesidades teóricas de agua de riego
en la Cuenca del Guadalquivir (2005)⁶

Cultivo	[1]	[2]	[3]	[4]
	Superficie 2005 (ha)	Dotación (m ³ /ha)	ETP-max (m ³ /ha)	ARIS-ratio
Olivar	380.930	2.281	3.678	0,62
Algodón	77.020	6.048	8.632	0,70
Cereales (invierno)	58.427	1.500	4.049	0,37
Hortalizas	49.886	6.104	5.918	1,03
Maíz	46.404	6.621	8.882	0,75
Frutales	24.795	5.386	3.879	1,39
Cítricos	22.578	5.501	4.888	1,13
Remolacha	20.185	3.730	6.732	0,55
Girasol	18.032	1.500	4.853	0,31
Leguminosas	14.806	1.500	2.215	0,68
Patata	12.403	5.142	2.885	1,78
Otros	8.549	3.490	4.900	0,71
Alfalfa	6.870	5.907	10.860	0,54
Patatas temprana	6.129	6.342	8.574	0,74
Almendro	6.039	4.945	3.617	1,37
Forrajeras	5.470	1.500	3.600	0,42
Tabaco	4.185	6.875	7.286	0,94
Fresa	2.357	6.000	6.000	1,00
Total/Media sin arroz	765.065	3.490	4.919	0,70
Arroz	36.092	14.000	13.196	1,06
Total/Media con arroz	801.157	3.964	5.292	0,72
Consumo cuenca hm³		3.176	4.240	

Nota: datos en parcela.

Fuente: Elaboración propia a partir de AQUAVIR (CHG, 2005).

3. Material

Para la realización del análisis empírico el material disponible está constituido, en su mayor parte, por documentación pública. Las bases de datos utilizadas fueron las siguientes:

- Para el cálculo de los ingresos se parte del valor de la producción como producto del precio y el rendimiento medio:

⁶ En el Plan Hidrológico de Cuenca de 1992 se considera que los cultivos deberían recibir el 100% de sus necesidades hídricas medidas como la evapotranspiración potencial máxima (ETPmax) en un año sin restricciones de riego, aspecto que no ha podido cumplirse para el año 2005 tal y como pone de manifiesto el Cuadro 2.



- Precio: se utilizan los que proporcionan los Anuarios de Estadística Agroalimentaria del MAPA (2002-2005), que se encuentran a escala nacional para una selección de los cultivos más importantes.
- Rendimiento: a partir de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria del MAPA (2002-2005), donde se detallan a escala provincial los principales cultivos.
- Subvención: al escoger como base el año 2005, se han tomado las subvenciones de la Política Agraria Común (PAC) acordes con la normativa existente en ese momento⁷.
- Para la elaboración de la estructura de costes, la fuente de información ha sido los informes técnico-económicos de las explotaciones agrícolas del MAPYA (2002-2005), los cuales aportan datos a nivel de Comunidad Autónoma acerca de los costes de producción de los cultivos más representativos de la zona, tanto para regadío como para secano. Se desglosan los costes de las explotaciones agrícolas, por grandes tipos:
 - Costes directos (plantas y semillas, fertilizantes, productos fitosanitarios y seguros del cultivo).
 - Costes de maquinaria (trabajos contratados, carburantes y lubricantes y reparaciones y repuestos).

La valoración de los diferentes componentes, tanto para ingresos como para costes, se ha realizado a fecha de 2005. Se ha utilizado la comarca como unidad de análisis, por ser el término medio entre la provincia, que es demasiado heterogénea, y el municipio, que es demasiado pequeño. De este modo, se obtiene un número de observaciones de 48 comarcas, que se estima más adecuado a nuestras intenciones que la provincia (hay doce provincias en la Cuenca del Guadalquivir, ocho de ellas con superficie de riego y cuatro muy marginales) o los municipios (475).

- La distribución de cultivos para los años 1989 y 2005 en secano y regadío a nivel comarcal se ha realizado en base al Censo Agrario en el primer caso (INE, 1989), y en base a los datos del MIMAM (2005a) recogidos en el informe del Artículo 5 de la Directiva Marco del Agua (DMA) para el segundo año.
- El consumo de agua a nivel de cultivo para el año 1989 se estimó como el total de su necesidad hídrica (ETPmax) calculada según Penman-Monteith, y para el año 2005 a partir de la dotación asignada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2004) en el estudio de Inventario de Regadíos.

4. Método

El análisis se ha realizado a partir de la producción bruta y el uso del agua por hectárea. En el primer caso se han calculado los rendimientos y precios con base a 2005, siguiendo la metodología de la RECAN (Gráfico 3). La producción para el año

⁷ Atendiendo al Reglamento (CE) n.º 1782/2003 del Consejo de 29 de septiembre de 2003.





1989 se ha calculado utilizando la media nacional de aumento de productividad del suelo. Según Colino (2005), la productividad general de la agricultura ha crecido un 43% entre los años 1985 y 2004, o lo que es lo mismo, conocida la producción comarcal de 2005, la estimación de la producción de esa comarca para 1989 se obtiene multiplicando ese valor por 0,67.

Para obtener el Valor Añadido Bruto (VAB) a nivel comarcal y por cultivo, lo primero es calcular la producción bruta, a partir de los datos de precios, rendimiento y subvención de los cultivos, y posteriormente se descuentan los costes directos de maquinaria para así obtener el VAB.

GRAFICO 3
RECAN: cálculo de los indicadores principales

PRODUCCIÓN TOTAL o PRODUCCIÓN BRUTA			
PRODUCCIÓN FINAL			REEEMPLIO
V.A.B. a precios de mercado	GASTOS DE FUERA DE LA EXPLOTACIÓN		
V.A.B. a precios de mercado	SUB-IMP. (1)		
V.A.B. al coste de los factores			
V.A.N. al coste de los factores			AMORT.
DISPONIBILIDADES EMPRESARIALES	R.C.A. (2)	MANO DE OBRA ASALARIADA	

(1) Subvenciones de explotación imputables al ejercicio contable menos impuestos.
(2) Remuneración de capitales ajenos (intereses+arrendamientos pagados).

Fuente: MIMAM (2005b).

En cuanto al uso del agua por hectárea, en 1989 los cultivos tenían unas concesiones en vigor que implicaban un consumo teórico bruto (en alta) de 9.995 m³/ha. Por el contrario, en 2005 al tener unas dotaciones medias de un 71% de los derechos nominales de riego, el uso del agua es mucho más eficiente (4.137 m³/ha).

Es importante indicar que para el cálculo del ratio de productividad del agua VAB/m³ se ha descontado del valor del regadío lo que esa misma tierra produciría en caso de encontrarse en situación de secano (coste de oportunidad de la tierra), aspecto que no siempre ha sido tenido en cuenta al estimar la productividad aparente del agua.





5. Resultados

Tras realizar todos los cálculos por comarca y tipo de cultivo se obtienen los resultados en los años 1989 y 2005 para toda la cuenca, separando cultivos de secano y de regadío (Cuadro 3). El aumento de productividad que se debe al capital (mejora de semillas, maquinaria, tecnología, etc.) y al trabajo, se supone de manera simplificada que está incorporado a la mejora de la productividad del secano, quedando, por tanto, el aumento de la productividad del agua como la diferencia entre regadío y secano. Cabe destacar en este punto que se ha realizado una importante asunción en el hecho de que la descomposición efectuada sería válida si la agricultura de secano y regadío sólo se diferenciase en la cantidad de agua utilizada, aunque en la realidad influyen muchos otros factores productivos relacionados con el capital y el trabajo, tales como la dotación de capital y el uso de mano de obra. Evidentemente este supuesto es una simplificación, pero a pesar de ello, se refleja el aumento de productividad aparente de la tierra y del riego en esta cuenca como puede verse en el siguiente cuadro.

CUADRO 3

Análisis del incremento de la productividad aparente del agua (1989-2005)

	1989	2005	Incremento 05/89
VAB/ha riego (€/ha)*	1.579	2.653	68,02%
VAB/ha secano (€/ha)	416	598	43,75%
Incremento Productividad aparente	1.164	2.055	76,55%
Consumo medio (m ³ /ha)	9.995	4.137	-58,61%
Productividad del agua (€/m ³)**	0,1164	0,4968	326,80%
Superficie regadío (ha)	316.646	801.865	153,24%
Superficie secano (ha)	2.412.091	2.128.952	-11,74%

Nota: euros constantes (2005).

* Precio × rendimiento = valor producción – costes = VAB.

** Productividad del agua (€/m³)= VAB (€/ha)/Consumo bruto (m³/ha).

Fuente: Elaboración propia.

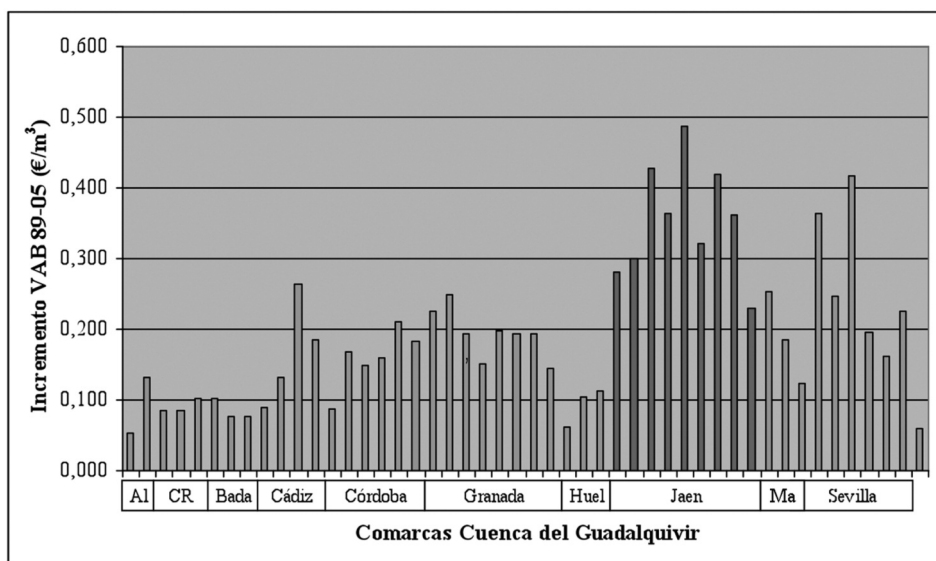
El Cuadro 3 pone de manifiesto que la productividad del agua para el año 2005 es de aproximadamente 0,5 €/m³, y que se ha producido un incremento de este parámetro con respecto al año 1989 de un 327%. Este aumento se debe a una serie de factores como la disminución a más de la mitad del consumo medio de agua por hectárea (-58%), que a su vez se ha visto afectado por el gran incremento de la superficie de regadío en la cuenca (153%). Por otro lado, la diferencia del incremento en la productividad aparente de la cuenca del secano y del regadío (coste de oportunidad de la tierra) ha sido de un 76%, factor que también ayuda a explicar el aumento de la productividad del agua.

Al efectuar el análisis a nivel comarcal, se observa en el Gráfico 4 que las comarcas que han tenido mayor incremento de VAB en el período 1989-2005 son las de la provincia de Jaén, fundamentalmente debido al cambio en la distribución de cultivos y por la modernización del regadío, ya que la superficie de olivar de regadío se quin-



tuplicó en ese período (Cuadro 4) a costa de otros cultivos que no son tan eficientes en el uso del agua.

GRÁFICO 4
Incremento VAB (€/m³) por comarcas
en la Cuenca de Guadalquivir (1989-2005)



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis del olivar en esta provincia se deduce que la productividad del agua se duplicó en el período 1989-2005. A pesar de que la superficie de regadío se ha incrementado cinco veces, el consumo de agua sólo se ha cuadruplicado, lo cual indica la eficiencia del olivar de regadío, y que éste cultivo en Jaén genera una alta productividad con bajas dotaciones de agua (alrededor de 1.500 m³/ha).

CUADRO 4

Superficie de regadío y secano, productividad aparente y consumo de agua del olivar en las comarcas de la provincia de Jaén (1989-2005)

Comarcas de la provincia de Jaén		1989	2005	Incrementos
Superficie regadío (ha)	Olivar regadío	51.542	274.091	432%
	Cultivos herbáceos regadío	20.990	12.928	-38%
Superficie secano (ha)	Olivar secano	400.644	310.426	-23%
	Cultivos herbáceos secano	89.492	40.324	-55%
Productividad aparente olivar regadío (€/m ³)		0,58	1,13	96%
Consumo agua olivar (hm ³)		189,57	767,45	305%

Nota: euros constantes 2005.

Fuente: Elaboración propia.



Por otro lado la productividad de la tierra en la provincia de Jaén también ha sufrido un aumento considerable pasando de un valor de 2.500 €/ha a productividades cercanas a 4.000 €/ha entre los años 1995 y 2006 (Garrido *et al.*, 2008).

6. Conclusiones y propuestas de investigación futura

La productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir en el año 2005 presenta un valor medio de 0,50 €/m³, aunque no está igualmente repartido en toda la cuenca, ya que en la provincia de Jaén alcanza el valor de 1,13 €/m³, mientras que en la comarca de Jerez de los Caballeros (Badajoz) es de 0,13 €/m³. Los valores comarcales de la productividad del agua en el Guadalquivir son muy elevados si se comparan con otras cuencas españolas (0,11 €/m³ para la Cuenca del Duero según Garrido *et al.*, 2008).

El incremento de la productividad del agua en el período 1989-2005 ha sido muy significativo, debido al mejor uso del recurso y también a otros factores, como son el incremento de la superficie de cultivos mejor adaptados a las condiciones climáticas de la cuenca, el desarrollo de mejoras en el resto de insumos de la agricultura, el aumento de la productividad de la mano de obra y del propio crecimiento tecnológico general. Además, se ha producido una disminución del consumo medio de agua por hectárea lo que ha posibilitado el incremento de la superficie de regadío, principalmente del olivar, que es el cultivo que presenta una mayor eficiencia en su uso.

El empleo del riego suplementario en los cultivos mejor adaptados a las condiciones climáticas de la cuenca (trigo, girasol, olivar) con dotaciones de unos 1.500 m³/ha, tiene como consecuencia un coeficiente ARIS (riego/necesidades) menor del 0,60. La media ponderada de este parámetro teniendo en cuenta la totalidad de los cultivos es de un 0,72. Este factor es clave para entender el incremento de la productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir.

Como planteamiento futuro es fundamental profundizar en el papel del riego suplementario y el alto valor que genera esta técnica en determinados cultivos, ya que pequeñas dosis en momentos críticos (engorde del fruto) tiene un alto índice de productividad. Por otra parte, el propio desarrollo económico hace que se implanten cultivos con mayor valor añadido (hortalizas, frutales). Estos factores, unido a la escasez que motiva la implantación de sistemas de ahorro en el riego se combinan para generar el aumento de productividad del agua anteriormente indicado.

Bibliografía

AQUAVIR (2005). *Informe Actualización del Inventario de Regadíos*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.

CHG (1994). *Plan Hidrológico del Guadalquivir 1992*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.

CHG (2004). *Inventario de regadíos*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.





- CHG (2008). *Oficina de Planificación Hidrológica*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.
- CHG (2009). *Esquemas de Temas Importantes*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.
- Colino, J. (2005). "Sector agrario". En García Delgado, J.L.(Eds.): *Lecciones de economía española*. Thomson-Civitas:185-212.
- Garrido, A., Gil, M. y Gómez-Ramos, A. (2008). "Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español". Comunicación presentada al *VI Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del agua*, Vitoria.
- Gómez-Limón, J.A. (2009). "Implicaciones de la nueva planificación hidrológica para la agricultura de regadío". En Gómez-Limón, J.A. et al. (Eds.): *La economía del agua de riego en España, una perspectiva regional*. Cajamar Caja Rural:33-54.
- INE (1989). *Censo Agrario de España*. Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- MAPA (2002-2005). *Anuario de Estadística Agroalimentaria*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- MAPA. (2004). *Plan Nacional de Regadíos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MAPYA (2002-2005). *Informe técnico-económico de las explotaciones agrícolas*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- MIMAM (2005a). *Informe del artículo 5 de la DMA*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- MIMAM (2005b). *Red contable Agraria Nacional*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Penman, H.L. (1948). "Natural evaporation from open water, bare soil and grass". *Proc. Roy. Soc. London, A.*, 194:120-145.
- Thornthwaite, C.W. (1948). "An approach toward a rational classification of climate". *Geogr. Review*, 38(1):55-94.

