

MAYO, 2014

EFFECTOS DE LA MODERNIZACIÓN  
DE REGADÍOS EN CONSUMO DE  
AGUA, ENERGÍA Y COSTE

---

Berbel, J., C. Gutierrez-Martín, E. Camacho,  
P. Montesinos y J.A. Rodríguez-Díaz

Language: Español

XIII Congreso de Comunidades de Regantes

Huelva, 14-15 Mayo 2014

PROCEEDING



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

# EFFECTOS DE LA MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS EN CONSUMO DE AGUA, ENERGÍA Y COSTE

J. Berbel, C. Gutiérrez-Martín, E. Camacho, P. Montesinos y J.A. Rodríguez-Díaz

*Universidad de Córdoba*

*XIII CONGRESO DE COMUNIDADES DE REGANTES*

*Huelva, 14-15 Mayo 2014*

## 1. Introducción

La escasez de agua es una creciente preocupación dentro de la política ambiental y un problema estructural en regiones áridas y semiáridas en todo el mundo. En la zona mediterránea se ha tratado recientemente el problema del exceso de demanda sobre el abastecimiento sostenible con políticas del lado de la demanda, en particular a través de inversiones en tecnologías ahorradoras de agua y la tarificación del agua. El gobierno español desarrolló el Plan Nacional de Regadíos (PNR) con el propósito de transformar las viejas infraestructuras de distribución mediante canales abiertos en redes de tuberías a presión, y así alcanzar un ahorro anual de agua de 3.000 Hm<sup>3</sup>. Estos nuevos sistemas de tuberías a presión permiten operar a la demanda, lo que permite riegos de alta frecuencia, planificación óptima del riego y la diversificación del patrón de cultivos hacia cultivos de mayor valor (Fernández et al, 2013). La modernización de los sistemas de riego y los ahorros de agua esperados es una medida clave en la implementación de los Planes Hidrológicos en España. Berbel et al (2012) describen el papel de las medidas de ahorro de agua en la implementación de la Directiva Marco del Agua en la Demarcación del Guadalquivir en el sur de España.

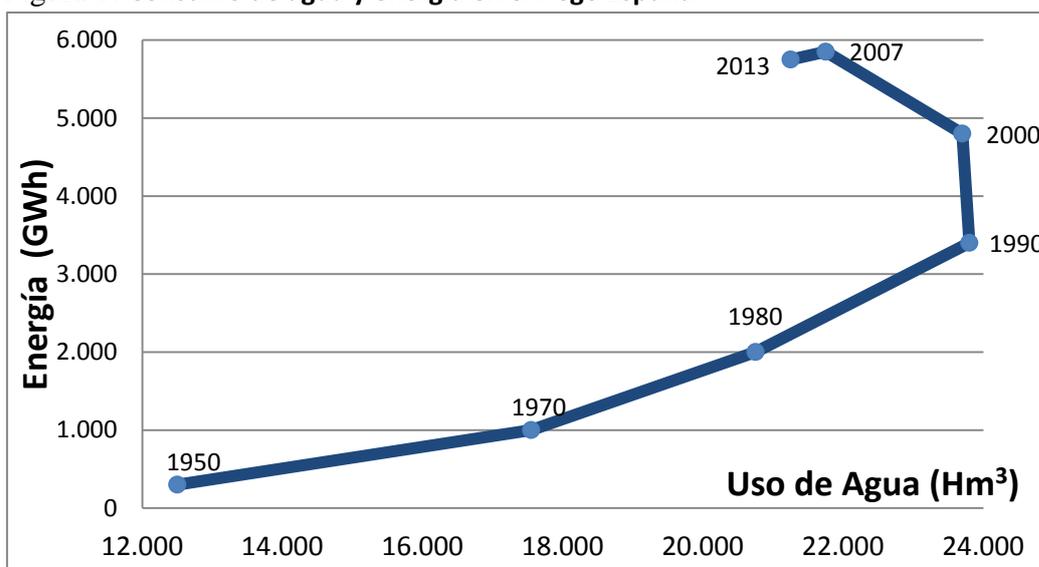
Para investigar el efecto rebote potencial en el regadío, es importante distinguir entre el agua usada (agua aplicada) y el consumo de agua. En oposición a la energía en el sector industrial, que es consumida totalmente en el proceso de producción, solo parte del agua aplicada es consumida por la agricultura de regadío. El agua aplicada acaba como: (1) evapotranspiración beneficiosa; (2) evapotranspiración no beneficiosa; (3) escorrentía y percolación no recuperable; y (4) escorrentía y percolación recuperable (Burt et al., 1997). Los tres primeros componentes constituyen la fracción consumida, lo que implica que el agua no está disponible para usos posteriores puesto que es consumida como evapotranspiración, incorporada a la producción, fluye hacia localizaciones donde no estará disponible para ser reutilizada o se carga de sales hasta el punto de no ser reutilizable.

El análisis del efecto rebote de la modernización de regadíos es una tarea científica urgente, como muestra la Comisión Europea (2012), que lo ha identificado recientemente como un problema potencial y que ha recibido atención en foros académicos. La modernización de regadíos, entendida como la mejora de la eficiencia, flexibilidad y fiabilidad de los sistemas de aplicación de riego, puede tener consecuencias en cuanto a la cantidad de agua usada y consumida. Para analizar este efecto puede consultarse los trabajos de Contor y Taylor (2013), Dagnino y Ward (2012), Huffaker (2008) o Lecina et al (2010). Gutiérrez-Martín, C. y Berbel, J. (2013) presentan una revisión de la literatura sobre este efecto.

El análisis de los datos a escala nacional sobre riego y energía que muestra la figura 1 es ilustrativo al respecto. Se pueden observar las siguientes fases en el consumo de agua y energía del regadío español:

- a) hasta 1990 crecen consumo de agua y de energía de manera simultánea
- b) 1990-2000: a partir de 1990 el consumo se estanca, probablemente porque en muchas cuencas se ha llegado al 'cierre' (ver Berbel et al, 2013). En esta fase puede comprobarse que mientras que el consumo ha llegado a un límite, la energía sigue creciendo.
- c) 2000-2007: la modernización comienza a dar efectos y se reduce el consumo de agua aunque a costa de que el gasto en energía siga creciendo.
- d) desde 2007 el consumo de agua y de la energía asociada decrecen, en principio se puede deberse al coste creciente de la electricidad. Aunque la explicación de este retroceso en el consumo de ambos recursos es razonable que pueda deberse al coste de la electricidad, esta hipótesis debe someterse a contraste.

Figura 1: Consumo de agua y energía en el riego España



Fuente: Elaboración propia con datos de MAGRAMA a partir de Corominas, (2014)

Este documento trata de presentar los cambios observados en variables relevantes en algunas zonas de riego que han adoptado tecnologías de ahorro de agua en un caso de estudio.

## 2. Caso de estudio: Impacto de las inversiones en ahorro de agua en Guadalquivir

En esta sección se presentan datos de una encuesta representativa de cinco grandes Comunidades de Regantes (CCRR) en la cuenca del río Guadalquivir. El río Guadalquivir es el más largo del sur de España con una longitud de cerca de 650 km. Su cuenca abarca un área de 57.527 km<sup>2</sup> y tiene una población de 4.107.598 habitantes. La cuenca tiene clima mediterráneo con una distribución heterogénea de las

precipitaciones. La temperatura media mm y 983 mm (desviación estándar de 161 mm). Se puede consultar la descripción de la evolución de la cuenca en Berbel et al. (2013). El Plan Hidrológico de Cuenca (PHC) está centrado en mejorar la calidad a través del saneamiento urbano y reducir la brecha cuantitativa mediante la inversión en la conservación del agua (modernización) ya que no se contempla el incremento de la oferta. El PHC no considera ampliar la superficie de regadío que está limitada desde 2005. Se puede encontrar una descripción de este documento en Berbel et al. (2012).

El objetivo de la investigación es analizar el impacto a posteriori de la modernización. Las CCRR seleccionadas hicieron las inversiones en los años 2005-2008 de manera que los agricultores se han adaptado a la nueva situación durante 2-4 campañas y los nuevos cultivos y todas las adaptaciones necesarias en la explotación ya han sido hechas durante 2-3 campañas. El área cubierta es representativa de la transformación intensiva, que implica el cambio desde canales abiertos y riego por superficie a redes a presión y riego por aspersión o goteo.

La Tabla 1 resume los principales indicadores (se puede consultar todo el conjunto de indicadores en Fernández et al., 2013). Todos ellos son datos medidos a excepción de los requerimientos de riego, que han sido estimados en base a la metodología descrita en Allen et al. (1998). La superficie regada antes de la modernización era de 36.040 ha con un uso medio de agua de  $6.526 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , que está por debajo de los derechos de agua que eran en promedio  $8.000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  para estas CCRR. La superficie regada después de la modernización es menor ya que parte de la superficie se ha dedicado a otros usos, como el urbano. También se puede observar cómo los requerimientos teóricos de agua (ETc max) después de la modernización son superiores a la concesión, de manera que, a no ser que las precipitaciones sean abundantes, habrá un cierto nivel de riego deficitario, que puede ser gestionado gracias a la modernización, ya que si no tienes control sobre el momento de aplicación, no se puede llevar una gestión eficiente de riego deficitario controlado. Este efecto puede verse agravado en los próximos años dado que gran parte de los cítricos, plantados tras la modernización, aún no están en plena producción y por tanto sus necesidades de riego son menores.

**Tabla 1. Principales indicadores de un ejemplo de inversión para la conservación de agua en el Guadalquivir**

Escenario	Antes	Después	Variación
Años	1999/02	2009/12	
Cultivos	Algodón (26%) Maíz (24%) Remolacha (18%) Cítricos (9%) Hortalizas (4%) otros (9%)	Cítricos (23%) Algodón (22%) Maíz (16%) Remolacha (8%) Hortalizas (5%) otros (14%)	Cítricos (+13%) Algodón (-4%) Maíz (-8%) Remolacha (-10%) Hortalizas (+1%) otros (+5%)
Superficie regada	36.039,92	33.131,55	-8%
Concesión (derechos) ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	8.000	6.000	-25%
Riego aplicado ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	6.526	5.159	-21%
[1] Req. Riego ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	6.703	6.034	-10%
[2] RIS	0,98	0,90	-8%
Coste ( $\text{€ha}^{-1}$ )	249,37	277,95	11%
Coste ( $\text{€m}^{-3}$ )	0,038	0,054	41%
Coste energía (%)	19%	43%	130%

Fuente: Elaboración propia, encuesta a CCRR de la Demarcación del Guadalquivir, tomado de Fernández et al (2013);

[1] Requerimientos de riego =  $ET_c \text{ max} - \text{Lluvia útil}$

[2] Relative Irrigation Supply =  $\text{Riego aplicado} / \text{Requerimientos de riego}$

La modernización fue parcialmente subvencionada por el gobierno que pagó alrededor del 60% de los costes de inversión que alcanzaron una media de 6.500 euros  $\text{ha}^{-1}$ . Los agricultores asumieron el 40% de los costes de inversión y el incremento en el coste del agua, que de acuerdo con la encuesta (Fernández et al., 2013) creció desde 0,027 a 0,054 euros  $\text{m}^{-3}$  (100% de incremento). Las nuevas operaciones y el mantenimiento hacen que el coste del agua sea mayor. Además, la energía se ha incrementado desde un 18% del coste del agua antes de la inversión a un 43% después de que se implementara la transformación.

Las condiciones más destacables para obtener ayudas del gobierno eran:

- Asumir el resto del coste de inversión (40%)
- Reducción de los derechos de agua desde los 8.000 previos a 6.000  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$
- Instalación de contadores de agua y facturación por volumen usado
- No se permite incrementar la superficie de riego

Como consecuencia de esta política se ha podido ver que ha habido un cambio en los cultivos hacia otros de mayor valor (se incrementan cítricos y hortalizas, se reduce la remolacha, el algodón y el maíz), además de una reducción del agua usada y una estabilización del agua consumida. El gobierno reserva para el medio ambiente la reducción de las concesiones (2.000  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , o el 25%) y los agricultores consumirían (evapotranspiración) un volumen similar al anterior, pero no hay efecto rebote por las dos condiciones impuestas que previenen este fenómeno (limitación de la superficie de riego y reasignación de los ahorros de agua).

### 3. Conclusiones

Cuando los sistemas de riego por superficie tradicionales son reemplazados por sistemas por aspersión y goteo (caracterizados por una alta eficiencia en la aplicación del agua), el uso del agua debería disminuir a menos que ocurran una o más de estas circunstancias:

- a) se incremente la superficie de riego (ver Berbel y Mateos, 2014)
- b) las malas condiciones del riego anterior permitan que en la nueva situación, manteniendo los cultivos, se incremente considerablemente la productividad y por tanto la evapotranspiración (ver Lecina et al, 2010)
- c) se permita el cambio de cultivos hacia otros de más valor, que también consuman más agua, de manera que la evapotranspiración sea mayor que antes de la modernización (ver Fernández et al, 2013)

Cuando se restringe la superficie regada y el agua es suficiente, la introducción de sistemas de riego más uniformes no incrementa significativamente la evapotranspiración (consumo de agua). Si el suministro de agua es limitado y se

aplicaba riego deficitario antes de la modernización, la introducción de un riego más eficiente incrementa la evapotranspiración (consumo de agua) al disminuir las pérdidas.

Cuando no hay restricciones de aumento de la superficie de riego, la modernización probablemente conduzca a nuevas extracciones de agua incontroladas, iniciando potencialmente un círculo vicioso en el que la superficie regada se expanda mientras que se sobreexplotan los recursos hídricos. Por tanto, las medidas de ahorro de agua tienen que venir acompañadas de mecanismos de control de las extracciones de agua y de expansión de la superficie regada. La clave para la política es entender la diferencia entre reducción de la presión (agua aplicada) y reducción del impacto (agua consumida), que es la diferencia entre ahorros secos (concesiones que no se utilizaban, o 'agua de papel') y ahorros húmedos (reales), respectivamente (Seckler, 1996).

La productividad marginal del agua se vuelve menos elástica cuanto más se incrementa la eficiencia de los sistemas de riego; por tanto, la tarificación del agua se vuelve menos efectiva en reducir el uso del agua de riego. Esto es relevante en el contexto de la sugerencia de la Comisión Europea (2012) de usar la tarificación de agua como incentivo contra el efecto rebote causado por la mejora de la eficiencia.

Por último, el aumento de coste del agua derivado del aumento del precio pagado por la energía eléctrica puede que esté actuando en la fase elástica de la demanda de agua reduciendo el consumo en los cultivos menos productivos y obligando a adoptar técnicas de riego deficitario, alejándose de la máxima producción y buscando el máximo beneficio.

## Referencias

- Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Roma
- Berbel, J. V. Pedraza y G. Giannoccaro (2013): "The trajectory towards basin closure of a European river: Guadalquivir", *International Journal of River Basin Management*, 11(1), 111-119
- Berbel, J. S. Kolberg y J. Martin-Ortega (2012): "Assessment of the Draft Hydrological Basin Plan of the Guadalquivir River Basin (Spain)", *International Journal of Water Resources Development*, 28(1), 43-55.
- Berbel, J y L Mateos, (2014) "Does investment in irrigation technology necessarily generate rebound effects? A simulation analysis based on an agro-economic model". *Agricultural Systems* (en prensa)
- Burt, C.M. A. Clemmens, T. Strelkoff, K. Solomon, R. Bliesner, L. Hardy, T. Howell, D. Eisenhauer (1997): "Irrigation performance measures: Efficiency and Uniformity", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(6), 423-442.
- Comisión Europea (2012): *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, Bruselas.
- Dagnino, M. y F.A. Ward (2012): "Economics of Agricultural Water Conservation: Empirical Analysis and Policy Implications". *International Journal of Water Resources Development*, 28(4), 577-600.

Fernández, I. J.A. Rodríguez, P. Montesinos, E. Camacho y J. Berbel (2013): "La modernización de regadíos: repercusiones sobre el uso del agua y la energía en CCR de Andalucía", en XXXI Congreso Nacional de Riegos, Orihuela (Alicante, Spain).

Gutiérrez-Martín, C. y Berbel, J. (2013). Causas, efectos y políticas para prevenir el efecto rebote de la modernización de regadíos. VIII Congreso Ibérico del agua. Lisboa, Portugal, 5-7 Diciembre

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

Seckler, D. (1996): "The New Era of Water Resources Management: From «dry» to «wet» Water Savings", International Irrigation Management Institute , Colombo, Sri Lanka.