

Diciembre 2013

Causas, efectos y políticas para prevenir el efecto rebote de la modernización de regadíos

Gutiérrez-Martín, C. y Berbel, J.

VIII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del
Agua

5-7 diciembre 2013

Lisboa, Portugal



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

PROCEEDING

VIII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua
5-7 diciembre 2013
Lisboa, Portugal

**CAUSAS, EFECTOS Y POLÍTICAS PARA PREVENIR EL EFECTO
REBOTE DE LA MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS**

Carlos Gutiérrez-Martín, Julio Berbel Vecino

Universidad de Córdoba

Resumen

La existencia de un posible efecto rebote de las medidas de ahorro de agua que lleve a un mayor consumo tiene un cierto carácter novedoso en la política de aguas, y la Unión Europea quiere apostar por la herramienta del precio del agua como solución al posible problema. En nuestra opinión, el conocimiento sobre el efecto rebote no es suficiente en este momento para apostar por un único instrumento hasta que no se conozca con la debida profundidad el fenómeno. Este documento trata de revisar la evidencia académica del efecto rebote según la literatura, además de presentar un estudio de caso. El trabajo concluye con unas recomendaciones para evitar que este problema se manifieste, que pasan por estricto cumplimiento de la legalidad, prohibiendo que los ahorros teóricos se destinen a aumento de superficie de riego como por una reducción de concesiones que compense las subvenciones recibidas por los agricultores.

Palabras clave: Modernización regadíos, Eficiencia del regadío, Efecto rebote, Paradoja de Jevons

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 Hm³. 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.

Este documento trata de revisar la evidencia académica del efecto rebote según la literatura. La siguiente sección describe el conjunto de impactos previstos y simulados teóricamente del cambio tecnológico (ahorro de agua) sobre la demanda del agua. La siguiente sección revisa las evidencias empíricas basadas en datos reales y el análisis de cambios observados en variables relevantes en algunas zonas de riego que han adoptado tecnologías de ahorro de agua. Y la cuarta sección muestra publicaciones que abordan el problema desde una perspectiva ideológica en la formulación de discursos políticos. En la última sección presentaremos un caso de estudio en el Guadalquivir

2. Modelos teóricos

Hay dos posibles acercamientos teóricos al análisis del efecto rebote, uno son los modelos analíticos y el otro es el desarrollo de modelos de programación matemática.

Gómez y Pérez (2013) desarrollaron un modelo interesante basado en un análisis microeconómico sencillo, aunque hay dos aspectos que se pueden mejorar: primero, no diferencian entre agua aplicada (o agua usada) y agua afectiva (evapotranspiración o agua consumida) y segundo no integran modelos agronómicos que enlacen el agua con el rendimiento del cultivo y la evaporación. Además, no incluyen el riego deficitario en el modelo y no analizan políticas de límite de agua y tierra, aunque estas restricciones no están presentes en todas las zonas. Los autores concluyen que el análisis del impacto de mejores tecnologías de riego en una zona concreta sigue siendo una cuestión empírica y confirman la escasa evidencia disponible. En este caso, un modelo simplificado con ayudas a la energía y sin restricciones de agua, podríamos concluir que puede haber efecto rebote. Desafortunadamente, los autores no aportan una aplicación empírica del modelo donde se pueda confirmar.

Huffaker (2008) presenta otro modelo conceptual con algunas consideraciones hidrológicas y agronómicas con el fin de señalar el tipo de datos que podrían ser útiles para predecir el ahorro potencial que suponen las ayudas para las tecnologías de ahorro de agua. De acuerdo con el documento, una política de ahorro de agua (como la de la agricultura de Oregón) que garantice a los agricultores una parte del agua ahorrada medida como la reducción en el agua aplicada antes y después del incremento de la eficiencia de aplicación del agua puede producir efectos adversos. Sin embargo, tanto en este trabajo como en Gómez y Pérez (2013), cabe la posibilidad de ambiguos resultados con un posible efecto rebote o un ahorro neto de agua, sujetos a los datos reales, aunque ambos carecen de ejemplos empíricos.

Scheierling et al (2006) también basan su investigación en un modelo agroeconómico, y concluyen que las ayudas a la inversión en la mejora de la eficiencia de riego puede incrementar el uso consuntivo “si los agricultores pueden expandir la superficie regada” (p. 9). Mientras tanto, el uso consuntivo no se incrementará significativamente cuando la superficie regada está limitada.

Para terminar con los modelos analíticos, Whittlesey (2003) se basa en un modelo simplificado que enlaza el rendimiento de los cultivos, el uso consuntivo del agua y el agua aplicada, y examina las condiciones bajo las que la mejora de la eficiencia de aplicación del agua ahorra agua.

Otros tipos de modelos están basados en programación matemática, empleando distintas técnicas para estudiar el problema: lineal, dinámica, riesgo, multicriterio y programación positiva.

Basado en un modelo de programación matemática de la cuenca del Murlay-Darling, Qureshi et al (2010) concluyen que la inversión en la mejora de la eficiencia puede proporcionar algunas oportunidades coste-eficaces pero también que el resultado neto final es ambiguo y depende de los retornos de flujo de agua previos y del uso de los ahorros de agua.

Peterson y Ding (2005) analizan, basados en un método de programación con riesgo, los efectos en el agotamiento de las aguas subterráneas en las High Plains (Acuífero Ogallala, EEUU) como respuesta a los sistemas de riego para ahorrar agua, y concluyen que el programa de ayudas podría servir tanto para alcanzar la conservación del agua subterránea como para mejorar el bienestar de los regantes. Estos autores usan un modelo dinámico para simular la elección de tecnología óptima, la selección de cultivos y el uso de agua de riego de un regante representativo a lo largo del tiempo.

Gomez y Gutierrez (2011), desarrollan una ampliación de este modelo sencillo a través de un modelo de revelación de preferencias. Primero muestran un modelo teórico no integrado con el sistema agronómico, para luego aplicar el modelo matemático considerando el límite de superficie regable (de acuerdo a la normativa española) y los posibles incrementos futuros de uso de agua se basan en el cambio hacia cultivos de mayor valor. Gutierrez-Martin y Gomez Gomez (2011), utilizando el mismo modelo de programación en el sur de España, concluyen que para que no se produzca efecto rebote es necesario no permitir que se amplíe la superficie de regadío, pero también disminuir la dotación de agua asignada cada año, de manera que se produzca un ahorro efectivo de agua. También concluyen que una política de precios de agua no sería efectiva dada la inelasticidad de la curva de demanda en zonas con déficit hídrico estructural.

Basado también en un modelo de programación matemática, Ward y Pulido-Velazquez (2008) usan un modelo de programación matemática positiva para simular la disminución de los retornos de flujo de agua cuando se incrementa la superficie regada en la que se usa el agua ahorrada. El agotamiento de agua esperado se debe tanto al incremento de la superficie de riego como al cambio hacia cultivos de mayor valor.

Dagnino y Ward (2012), basados en un modelo microeconómico y un análisis de la contabilidad de las explotaciones concluyen que a pesar de que las ayudas al riego por goteo en el Rio Grande (Norteamérica) aumentan los ingresos de las explotaciones y reducen la

cantidad de agua aplicada a los cultivos, pueden incrementar el agotamiento del agua en la cuenca.

Al contrario de las referencias anteriores, Heumesser et al (2012), basados en un modelo matemático, llegaron a la conclusión de que la inversión en sistemas de ahorro de agua y las ayudas para su adopción reducen el uso del agua en una región de Austria, aunque los datos no se pueden extrapolar al total del acuífero o de la cuenca.

Contor y Taylor (2013) es un ejemplo de lo que no se debe hacer, estos autores se basan en una función de respuesta al riego de Martin et al. (1984) que aproxima la curva de respuesta al riego de English (1990), con la que afirman ser compatible, pero que no tiene contrastación empírica. Esta curva la emplean para elaborar un modelo de simulación y a partir del mismo concluir afirmaciones generales. El problema es que a partir de una función de respuesta al riego no contrastada, no deducida experimentalmente y aplicando esta curva a una cuenca determinada los autores no pueden adoptar recomendaciones con un carácter de generalidad. Evidentemente, estos autores creen llegar a la conclusión, con estas bases tan discutibles, de que existe el efecto rebote, lo que no se puede hacer con los medios de los que dispone el mencionado trabajo.

3. Investigaciones empíricas

Pocos estudios han analizado la situación antes y después de la modernización. Cuando el abastecimiento de agua se basa en sistemas de riego por superficie, la mayoría de los estudios concluyen que hay una reducción significativa en las extracciones de agua. En cuanto al agotamiento del agua a través de la evapotranspiración, el análisis del efecto rebote considera dos alternativas en los trabajos de investigación publicados:

a) No se permite el incremento de la superficie regada. Este es el caso en España donde la Ley de Aguas (Real Decreto 1/2001) no permite que los ahorros de agua puedan ser usados para incrementar la superficie regada porque los derechos de agua definen estrictamente los límites tanto del máximo volumen de agua aplicada como de la localización de la superficie regable. Los planes hidrológicos en España implementados recientemente tal y como indicaba la agenda de la Directiva Marco del Agua (Comisión Europea, 2000) han incluido medidas de inversión para el ahorro de agua como parte de los Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC), y el caso del Guadalquivir (Berbel et al., 2012) incluye una cláusula por la que la mayor parte del agua ahorrada, esto es, el 25% de los derechos del agua previos a la inversión, se retienen por las autoridades para mejorar la sostenibilidad de la gestión del agua. Berbel et al (2011) hacen un análisis coste-eficacia de esta política.

b) Se permiten aumentos en la superficie regada o solo se limita el volumen máximo de agua y la superficie regada no está definida o limitada.

Por lo tanto, nos centraremos en el efecto de la inversión en el ahorro de agua cuando no se permite el aumento de la superficie regada y en la siguiente sección se discutirá sobre la eliminación de esta restricción. Fernández et al. (2013), García-Mollá et al (2013) y Soto-García et al (2013) concluyen que las extracciones de agua se reducen significativamente (en un rango entre un 25% y un 45%), y que el consumo de agua (evapotranspiración) no se incrementa. Estos trabajos también detectan otros efectos como el incremento significativo en los costes del agua debido al incremento en el consumo de energía en torno a un 50% o 100%

más que antes y un significativo incremento de la productividad de todos los factores: tierra, trabajo y agua.

Por el contrario, algunos autores han detectado cierto incremento en el consumo de agua, como en el caso de Lecina et al (2010), acerca del cultivo del maíz en la cuenca del Ebro, donde el riego por superficie y las redes de canales abiertos se transformaron en riego por aspersión y redes a presión. El incremento observado se puede explicar por la evaporación del agua pulverizada en su trayectoria desde el aspersor hasta el suelo debido a los vientos reinantes y el riego de algunas zonas nuevas dentro de la comunidad de regantes que recibían un escaso o ningún riego debido al deficiente sistema anterior. Pfeifer y Lin (2010) detectaron un pequeño incremento (1-2%) en el consumo de agua cuando los pivots tradicionales se reemplazaron por pivots con toberas de precisión aunque no están claras las razones que hay detrás del incremento de la evapotranspiración desde un punto de vista biofísico y los autores reconocen la necesidad de profundizar en la investigación.

4. Modelos políticos

Como se dijo en la primera sección, la Comisión Europea (2012) ha identificado recientemente el efecto rebote como un problema potencial para la sostenibilidad del agua, por lo tanto se ha expuesto el fenómeno a la atención pública después de recibir atención durante años en los foros académicos como se ha expuesto en las dos secciones previas.

La discusión sobre la política del agua sobre el efecto rebote puede ser analizada con el apoyo del marco de modelos narrativos y políticos (Molle, 2008). Un modelo narrativo se define como una historia que da una interpretación de alguno fenómeno físico/social. Este es el caso de la explicación a priori del principio de precaución frente a las inversiones de ahorro de agua adoptadas por algunos autores o instituciones sobre la base de un hipotético efecto rebote basado en algunas evidencias en conflicto y los modelos analíticos encontrados en la literatura.

La Directiva Marco del Agua (European Commission, 2000) defiende el uso de la recuperación total de costes (incluido los costes ambientales y del recurso) como una medida eficiente para reducir la demanda de agua y alcanzar una especie de “Nirvana sostenible” (Molle, 2008) Muchos autores han argumentado que la tarificación del agua no es útil cuando el agua tiene un alto valor y los agricultores se han adaptado al riego deficitario por la escasez estructural de la zona (Berbel y Gómez-Limón, 2000; de Fraiture y Perry, 2002), pero esto no se considera relevante para los defensores de la tarificación del agua como la solución principal para alcanzar el nirvana sostenible. La Comisión Europea (2012) ha publicado recientemente un análisis crítico de los 10 años de implementación de la Directiva Marco del Agua y propone un mapa de ruta para mejorar el estado de las masas de agua en Europa anunciando la futura revisión de la DMA en 2019. En este documento no se cuestiona el efecto rebote, por el contrario está totalmente aceptado aunque la solución ya la han encontrado, y obviamente es la tarificación del agua.

Esta posición política de la Comisión Europea se asienta en una red de instituciones (ONG medioambientales, centros de investigación, instituciones académicas) que apoyan este tipo de secuencia narrativa: la demanda de riego es ineficiente – los costes del agua están fuertemente subvencionados – el agua es muy barata – si se incrementa el precio del agua, la demanda se reducirá y se alcanzará la sostenibilidad.

Un ejemplo de este tipo de paradigma se puede encontrar en los informes de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2012), con afirmaciones como “Incrementar los precios del agua de riego para alcanzar la recuperación total de costes maximizaría la eficiencia del uso del agua” (pag. 35), pero esta afirmación es contradictoria con la observación empírica incluida en el documento cuando reconoce que la inversión en ahorro de agua se induce por “incentivos generados por restricciones cuantitativas y el papel limitado de los precios” (pag. 44).

En la esfera académica encontramos aproximaciones similares como las de Dumont et al (2013) que argumenta que solo se da un posible efecto rebote en el caso de estudio ya mencionado de Lecina et al. (2010) en el Valle del Ebro y no consideran evidencias de lo contrario, que también son citadas en el trabajo, no reconociendo expresamente cuando la investigación empírica está en contra de la narrativa (esto es, no reconoce que la inversión en ahorro de agua produzca efecto rebote).

También en esta línea podemos encontrar a De Stefano y Llamas (2012), que argumentan a favor de una nueva gobernanza (recuperación total de los costes, etc). Estos autores defienden que “los problemas de agua del mundo se deben a la mala gobernanza, no a la escasez física del agua” y por lo tanto “parece claro que hay espacio para mejorar la asignación de los recursos hídricos a un coste moderado” (pag. 16). Esto es lo que Molle (2008) probablemente denominara con el concepto de nirvana. Sin embargo, en nuestra opinión no es suficiente con una buena gobernanza, debido a que en muchas zonas ya se practica del riego deficitario, o incluso depende del abastecimiento de agua desde otras demarcaciones.

Lopez-Gunn et al. (2012) hacen un análisis a posteriori de la modernización de sistemas de riego en España y analizan algunos casos donde han medido el consumo de agua antes y después de la modernización, contabilizando ahorros reales, pero en vez de reconocer este hecho, los autores usan los datos para argumentar que los ahorros han sido menores de lo esperado (aunque se han producido ahorros).

5. 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 km² y tiene una población de 4.107.598 habitantes. La cuenca tiene clima mediterráneo con una distribución heterogénea de las precipitaciones. La temperatura media anual es de 16,8°C, y la media anual de precipitaciones es de 573 mm, con un rango entre 260 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 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 Plan Hidrológico de Cuenca 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 fórmula de Penman-Monteith. 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 (ETPmax) 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.

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) (m^3ha^{-1})	8.000	6.000	-25%
Riego aplicado (m^3ha^{-1})	6.526	5.159	-21%
[1] Req. Riego (m^3ha^{-1})	6.703	6.034	-10%
[2] RIS	0,98	0,90	-8%
Coste (€ha^{-1})	249,37	277,95	11%
Coste (€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 Fernandez et al (2013);

[1] Requerimientos de riego = ETPmax - Lluvia útil (estimado mediante Penman-Monteith)

[2] Relative Irrigation Supply = Riego aplicado / 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 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 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 ($2000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, 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).

6. Conclusiones

Cuando los sistemas de riego por superficie tradicionales son reemplazados por sistemas por aspersión y goteo (caracterizados por una alta uniformidad en la aplicación del agua), el uso del agua disminuiría en todas las circunstancias a menos que se incremente la superficie de riego o la falta de uniformidad y malas condiciones del riego anterior permitan que en la nueva situación se permita el cambio de cultivos hacia otros de más valor, que también consuman más agua, de manera que el agua aplicada siga siendo la misma. Este último efecto se puede evitar reduciendo las concesiones a cambio de la subvención.

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). Esto es porque bajo riego total, la evapotranspiración desde suelos regados mediante surcos o sistemas de goteo es similar. El riego por goteo subterráneo puede reducir la evaporación desde el suelo, que es un componente no beneficioso del consumo de agua. Otra fuente de consumo no beneficioso es la evaporación de las gotas emitidas por los aspersores. Si el suministro de agua es limitado y se aplicaba riego deficitario antes de la modernización, la introducción de un riego más uniforme incrementa la evapotranspiración (consumo de agua).

Cuando no hay restricciones de tierra, 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 uniformidad de aplicación 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.

Referencias

Berbel, J. y J.A. Gómez-Limón (2000: "The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas", *Agricultural Water Management*, 43(2), 219-238.

- 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. J. Martin-Ortega y P. Mesa (2011): "A cost-effectiveness analysis of water-saving measures for the Water Framework Directive: the case of the Guadalquivir River Basin in Southern Spain", *Water Resources Management*, 25(2), 623-640.
- 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.
- Contor, B.A. y R.G. Taylor (2013): "Why Improving Irrigation Efficiency Increases Total Volume of Consumptive Use", *Irrigation and Drainage*, 62(3), 273-280.
- 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.
- De Fraiture, C. y C. Perry (2002): "Why is irrigation water demand inelastic at low price ranges?", en *Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations*, Agadir, Morocco.
- De Stefano, L. y R. Llamas (Eds.) (2012): *Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press.
- Dumont, A. B. Mayor y E. López-Gunn (2013): "Is the Rebound Effect or Jevons Paradox a Useful Concept for better Management of Water Resources? Insights from the Irrigation Modernisation Process in Spain", *Aquatic Procedia*, 1, 64-76.
- English, M. (1990): "Deficit irrigation. I: Analytical framework", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 116(3), 399-412.
- European Commission (2000): *Water Framework Directive*
- European Environment Agency (2012): *Towards efficient use of water resources in Europe*, EEA Report No. 1/2012, Bruselas
- 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 CCRR de Andalucía", en XXXI Congreso Nacional de Riegos, Orihuela (Alicante, Spain).
- García-Mollá, M. C. Sanchis-Ibor M.V. Ortega-Reig y L. Avellá-Reus (2013): "Irrigation Associations Coping with Drought: The Case of Four Irrigation Districts in Eastern Spain", en K. Schwabe, J. Albiac, J.D. Connor, R.M. Hassan y L.M. González (eds): *Drought in Arid and Semi-Arid Regions*, Springer Netherlands, 101-122.
- Gomez, C. M., y C. Gutierrez (2011): "Enhancing irrigation efficiency but increasing water use: The Jevon's paradox" en *EAAE 2011 Congress Change and Uncertainty Challenges for Agriculture, Food and Natural Resources*, Zurich, Switzerland.
- Gómez, C.M. y C. Pérez (2013): "Myths and maths of water efficiency: an analytical framework to assess the real outcome of water saving technologies in irrigation" en *87th Annual Conference of the Agricultural Economics Society*, University of Warwick, UK.

- Gutierrez-Martin, C. y C.M. Gomez Gomez (2011): "Assessing irrigation efficiency improvements by using a preference revelation model", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4), 1009-1020
- Heumesser, C. S. Fuss, J. Szolgayová, F. Strauss y E. Schmid (2012): "Investment in Irrigation Systems under Precipitation Uncertainty", *Water Resources Management*, 26(11), 3113-3137.
- Huffaker, R. (2008): "Conservation potential of agricultural water conservation subsidies", *Water Resources Research*, 44(7), 1-8
- Lecina, S. D. Isidoro, E. Playán y R. Aragüés (2010): "Irrigation modernization and water conservation in Spain: The case of Riegos del Alto Aragón", *Agricultural Water Management*, 97(10), 1663-1675.
- Lopez-Gunn, E. P. Zorrilla, F. Prieto y M.R. Llamas (2012): "Lost in translation? Water efficiency in Spanish agriculture", *Agricultural Water Management*, 108, 83-95.
- Martin, D.L. D.G Watts y J.R. Gilley (1984): "Model and production function for irrigation management", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 110, 148-165.
- Molle, F. (2008): "Nirvana Concepts, Narratives and Policy Models: Insights from the Water Sector", *Water Alternatives*, 1(1), 131-156.
- Peterson, J.M. y Y. Ding (2005): "Economic Adjustments to Groundwater Depletion in the High Plains: Do Water-Saving Irrigation Systems Save Water?", *American Journal of Agricultural Economics*, 87(1), 147-159.
- Pfeifer, L. y C. Lin (2010): "Does Efficient Irrigation Technology Lead to Reduced Groundwater Extraction?: Empirical Evidence", en *Agricultural and Applied Economics Association. 2010 Annual Meeting*, Denver, Colorado, p. 25–27.
- Qureshi, M.E. K. Schwabe, J. Connor, y M. Kirby (2010): "Environmental water incentive policy and return flows", *Water Resources Research*, 46(4).
- Scheierling, S.M. R.A. Young y G.E. Cardon (2006): "Public subsidies for water-conserving irrigation investments: Hydrologic, agronomic, and economic assessment", *Water Resources Research*, 42(3).
- Seckler, D. (1996): "The New Era of Water Resources Management: From «dry» to «wet» Water Savings", *International Irrigation Management Institute*, Colombo, Sri Lanka.
- Soto-García, M. V. Martínez-Alvarez, P.A. García-Bastida, F. Alcon y B. Martín-Gorriz (2013): "Effect of water scarcity and modernisation on the performance of irrigation districts in south-eastern Spain", *Agricultural Water Management*, 124, 11-19.
- Ward, F A. y M. Pulido-Velazquez (2008): "Water conservation in irrigation can increase water use", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(47), 18215-18220.
- Whittlesey, N. (2003): "Improving irrigation efficiency through technology adoption: When will it conserve water?", *Developments in Water Science* 50, 53-62.