



Joaquín Melgarejo Moreno
(Editor)



CITAR COMO: Berbel, J y Montilla-López, N. (2019) “Efectos de la modernización de riegos en España 2002-2015 y más allá” en Congreso nacional del agua Orihuela innovación y sostenibilidad J. Melgarejo (Editor) ISBN: 978-84-1302-034-1: pp: 189-214

EFFECTOS DE LA MODERNIZACIÓN DE RIEGOS EN ESPAÑA 2002-2015 Y MÁS ALLÁ

Julio Berbel Vecino

Universidad de Córdoba. (WEARE)

Nazaret M. Montilla-López

Universidad de Córdoba. (WEARE)

RESUMEN

La modernización de regadíos ha sido la principal medida en política de aguas en el riego en España en las últimas décadas. El periodo de mayor intensidad inversora ha sido 2002-2015 y este trabajo analiza con la información disponible los principales efectos de esta medida en la agricultura, el medio ambiente y la economía española. El análisis muestra una rentabilidad social muy elevada a las inversiones, ya que se han comprobado ahorro de extracciones muy importantes, un aumento de la productividad de los factores (agua, tierra, trabajo) y de la calidad de vida de los agricultores. Como aspectos negativos destacan el aumento de costes del agua por el mayor consumo energético y los costes de amortización y operaciones de las nuevas infraestructuras. Por el momento no se ha detectado un efecto rebote de modo que el consumo efectivo de agua no ha crecido tras la modernización ni se ha detectado un aumento de la superficie de riego que se puede imputar a esta medida. No obstante, la trayectoria de crecimiento continuo de la superficie regada nacional amenaza con consumir a medio plazo los ahorros de la modernización. En ese caso, a largo plazo se puede aumentar el riesgo frente a sequías por la existencia de cultivos con mayor exposición al riesgo, tanto leñosos como herbáceos intensivos, así como de un apalancamiento financiero por parte del sector agroalimentario.

1-INTRODUCCIÓN

El mundo tal como lo conocemos hoy está amenazado por: una demanda creciente y desequilibrada de agua; creciente escasez de agua y contaminación; cambio climático; y los efectos de instrumentos inadecuados de gestión del agua y decisiones de gobernabilidad del agua. La mayoría de estas amenazas y desafíos están presentes a escala global, por lo que requieren un plan de acción internacional.

La demanda de agua en todo el mundo ha crecido un 800% durante el último siglo y, para un futuro próximo se proyecta que la población mundial alcance los 9.8 mil millones en 2050 (United Nations, 2017), con un ingreso per cápita que se duplicará para 2050. La mejora de las condiciones de vida traerá consigo una mayor ingesta calórica y cambios en las dietas con un aumento en la proporción de carne y lácteos consumidos. Los cambios en la dieta ahora ocurren a un ritmo mucho más rápido, y en una escala mucho mayor, en los países en desarrollo que lo observado anteriormente. La transición nutricional actual en los países en desarrollo se basa en el rápido crecimiento de la grasa de los aceites vegetales comestibles y el aumento en el consumo de productos animales (le Mouél et al., 2018). Esta combinación de mayor ingesta y cambios en la dieta generará un aumento en la demanda de la producción primaria de alimentos y, por lo tanto, de los recursos hídricos (Berbel et al., En prensa).

Este aumento global ejercerá diversos impactos locales, ya que más de la mitad de los 9,8 mil millones de personas proyectadas en el mundo vivirán en regiones con estrés hídrico para el año 2050 (Schlosser et al., 2014). Las regiones que actualmente están bajo un fuerte estrés generalmente tienen una mayor dependencia de los recursos de aguas subterráneas, ya que la mayoría de ellas están actualmente sobreexplotadas (Wada y Bierkens, 2014).

Las regiones donde las extracciones de agua superficial regularmente exceden el 50 por ciento o más de la escorrentía media anual incluyen: Norte de África; la mayor parte del Medio Oriente; el oeste de los Estados Unidos y del noroeste de México; norte de China; India noroccidental; y la Cuenca Murray-Darling (MDB). En la UE de acuerdo con la (EEA, 2016) según se recoge en la Tabla 1, el área afectada por escasez definida como índice “Water exploitation index plus” (WEI+ > 20).¹

Tabla 1. Población y área afectada por escasez de agua en la UE (WEI+ > 20).

Fuente: EEA, (2016).

Año	Área afectada (%)	Población expuesta
1990	22	32
1995	18	24
2000	18	25
2005	19	28
2010	12	19
2015	20	33

La agricultura es un importante usuario de agua y, mientras que en 2014 se lograron

¹ Se ha incluido este índice por ser el que utiliza la Unión Europea (EEA), aunque personalmente discrepo de su utilización ya que carece de sentido generar estos índices trimestralmente en el clima Mediterráneo porque no tiene en cuenta ni el almacenamiento en presas ni balsas ni acuíferos ni agua regenerada ni desalinizadora, sino exclusivamente escorrentía natural y consumo trimestral. Las críticas efectuadas a este índice desde los países del sur parecen que no son tenidas muy en cuenta por la EEA.

ganancias de eficiencia del 7% en el uso del agua, desde la década de los 90's sigue siendo el sector con mayor demanda de agua y continuará contribuyendo al estrés hídrico en Europa (EEA, 2016).

La crisis de escasez estructural ha coincidido en el tiempo con un cambio en los valores de la sociedad (cada vez más urbanizada) hacia un mayor peso de la sostenibilidad frente al crecimiento económico (Wei et al., 2017) que demanda un mayor volumen de caudal ambiental y una mejora de la calidad del agua, promoviendo una reasignación de recursos desde los económicos (fundamentalmente el riego) a los ambientales (OCDE, 2015). Hay varias medidas que se han planteado en los países y regiones con alta escasez, por ejemplo, el 'cierre de las cuencas' consistente en la prohibición de nuevos riegos y limitación de extracciones, ejemplos tenemos en España en acuíferos y cuencas. Normalmente este cierre viene acompañado por medidas de mercados de derechos que flexibilicen la rigidez impuesta por las restricciones (Montilla-López et al., 2018).

No obstante, prácticamente en todos los países y regiones afectados por escasez grave se han aplicado políticas públicas de subvención y apoyo a la mejora de la eficiencia en el transporte y uso de agua de riego, lo que en España se conoce como "la modernización de regadíos" y que será el objeto de este trabajo. El capítulo se ocupará de analizar el caso español, si bien es conveniente mencionar que las subvenciones a la mejora de eficiencia se han empleado prácticamente en todo el mundo cuando los gobiernos se han enfrentado a los problemas de escasez estructural (sobreasignación o sobreuso) o coyuntural (sequías), de lo cual deducimos que en este caso España 'no es diferente'.

Lo que sí que podemos afirmar es que la intensidad del proceso en España probablemente junto con Australia, aunque este último caso afecta menos superficie (Grafton, 2019) sea el más representativo hasta la fecha en el mundo. Trataremos en este trabajo de analizar los impactos positivos de la medida y los negativos, tanto conocidos como posibles ya que es frecuente acusar a esta medida de producir un 'efecto rebote' que se define como el aumento paradójico de consumo de agua tras implementar la medida y que aparece en varias como en el 'Blueprint for Water' European Commission (2012), United Nations (2012) o FAO Perry et al. (2017), tema que trataremos en un apartado específico.

2- UNA MIRADA A NUESTRA LA EVOLUCION DE LOS REGADÍOS EN ESPAÑA

El regadío ha sido la respuesta tradicional al clima Mediterráneo con veranos muy secos y de larga duración e inviernos lluviosos. Como anécdota, la lluvia en Córdoba media es de 605,2 mm, superior a la que registra Londres de 601,7 mm ambas medidas en sus respectivos aeropuertos en el periodo 1980-2017. Invito al lector a que haga una búsqueda de la precipitación media en ciudades del norte de Europa y las compare con la situación de ciudades españolas, aunque evidentemente hay un gradiente hacia la aridez en dirección Noroeste-Sureste con los valores inferiores en Tabernas (Almería). Pero

volviendo a la anécdota, al comparar la lluvia en Londres y Córdoba, las diferencias no están en la precipitación media sino en las variaciones intra-anales y las variaciones interanuales, así como en las temperaturas y la evapotranspiración.

Volviendo al riego, esta tecnología ha sido una adaptación a nuestras condiciones que ha almacenado y transportado el agua en invierno para usarla en verano donde fuera más productiva añadiéndole el valor de su uso en el tiempo y el espacio donde su productividad era mayor. Por otra parte, es muy citado el diferencial de productividad de 6 a 1 entre la superficie de riego y el secano, si bien esta media nacional oculta diferencias más acusadas en zonas como el sureste donde el secano es poco o nada productivo y el regadío se especializa en productos de alto valor añadido y con altas productividades del recurso agua y tierra. En consecuencia, el regadío puede verse como una respuesta a la rentabilidad menguante de los secanos españoles y su crecimiento desde la segunda mitad de este siglo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Evolución de las principales variables del regadío español 1950-2017.

Fuente: Espinosa-Tasón et al. (2019).

	1950	1980	2004	2014	2017	2017 vs 1950
Superficie regada (1000 ha)	1.179	2.656	3.264	3.605	3.734	317%
Extracciones de agua (hm ³)	7.221	15.220	17.808	15.129	14.998	208%
Consumo agua (hm ³)	4.332	9.624	12.936	11.463	11.460	265%
Eficiencia de riego	0,60	0,63	0,73	0,76	0,76	127%
Extracción media (m ³ /ha)	6.125	5.731	5.456	4.197	4.017	66%

El análisis que resume la Tabla 2 muestra en una primera aproximación al regadío español que la superficie regada se triplica mientras que la extracción de agua se duplica, y como resultado de que la superficie crece considerablemente más que el uso de agua, las dotaciones medias se han reducido 1/3 en el periodo analizado. Frente a estas variables que se han tomado de fuentes oficiales (Espinosa-Tasón et al., 2019), hay otras variables relevantes que se han estimado como el consumo de energía en el riego que casi se multiplica por 6 (Espinosa-Tasón et al., 2019) y la eficiencia media de los sistemas de riego que crece considerablemente.

Podemos considerar que la modernización comienza de manera efectiva a partir de 2004, según veremos más adelante. La tabla muestra que ese año se alcanza el máximo de extracciones con 17,8 km³. Sin embargo, también puede observarse como la superficie regada sigue creciendo, esto tendrá consecuencias para el futuro que se analizarán en la última sección de este trabajo.

Para entender el impacto de la modernización, es conveniente analizar las etapas que de manera indicativa se han definido en la Tabla 2, y estas se detallan en la Tabla 3 que simplemente analiza los incrementos de las variables mencionadas en los periodos

definidos.

Tabla 3. Crecimiento medio anual del periodo 1950-2017 en el regadío español.

Fuente: Espinosa-Tasón et al. (2019).

% variación anual media	1950-1980	1980-2004	2004-2015	2015-2017
	Expansión	Madurez	Modernización	Cambio?
Superficie regada (1000 ha)	2,74%	0,86%	0,99%	1,33%
Extracciones de agua (hm ³)	2,52%	0,66%	-1,58%	0,03%
Consumo agua (hm ³)	2,70%	1,24%	-1,19%	0,09%
Eficiencia de riego (incremento)	0,18%	0,58%	0,40%	0,06%
Extracción media (m ³ /ha)	-0,22%	-0,21%	-2,54%	-0,21%

La tabla muestra una serie de etapas con las siguientes características:

- 1) Expansión tradicional. En este periodo todas las variables crecen de manera paralela a la superficie de riego, incluido el consumo de energía, que en esta etapa utiliza los motores de combustión de manera mayoritaria, con un mayor consumo de energía ya que la situación de partida en 1950 se basaba mayoritariamente en riegos tradicionales que se van transformando en zonas regables con aspersión en muchos casos. Son los años de las grandes zonas regables de iniciativa pública.
- 2) Madurez. La superficie regada crece más lentamente, aunque sigue próxima al 1% anual, que es la tasa media desde 1980 y el volumen extraído se acerca al máximo del periodo, que ocurre en 2004. El crecimiento del riego en esta fase se basa principalmente en iniciativa privada.
- 3) Modernización. Los efectos prácticos empiezan a notarse un par de años desde que las inversiones se iniciaran (alrededor de 2002), por lo que a partir de 2004 empieza a reducirse el volumen extraído y el consumo estimado de agua a costa de un aumento del consumo de energía, que no se aprecia totalmente porque muchos motores de combustión se convierten en eléctricos, con una mejora sustancial del rendimiento que palia parcialmente el aumento de consumo energético. La mejora en eficiencia y la reducción de extracciones son la clave de este periodo donde la modernización es la medida que lo define.
- 4) Desde 2015, año el que se alcanza el mínimo de extracciones, y como consecuencia de que el aumento de superficie regada continua con su trayectoria histórica alrededor del 1% anual acumulativo, la contención de uso y consumo observada en la fase anterior inicia un cambio de tendencia que comentaremos al final de este trabajo. Vemos que, al menos en este trienio 2015-2017, se vuelve a aumentar extracciones y consumos y que la mejora de eficiencia no es capaz de compensarla.

A continuación, entraremos en el análisis de la modernización de riegos en España y la estimación de sus impactos en el periodo 2002-2015.

3- EL MARCO DE LA MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS EN ESPAÑA

La sequía ha actuado como catalizador de cambios normativos y actuaciones de política hidrológica en España, así como en otros países, en situación de escasez. La medida de modernización se planteó inicialmente durante la gran sequía 1990-1995 mediante el RD 678/1993, de 7 de mayo, sobre “obras para la mejora y modernización de los regadíos tradicionales”, y se vuelve a recoger en diversas normas (ver el extenso análisis de Embid-Irujo, 2017).

La norma más destacada se vincula a la sequía 2005-2008, concretamente en el RD 287/2006, de 20 de marzo, por el que se regulan las obras urgentes de mejora y consolidación de regadío, conocido como Plan de Choque. El propio preámbulo de esta norma afirma “Ante esta situación se hace imprescindible actuar de la manera más urgente posible en la mejora, consolidación y modernización de regadíos con objeto de conseguir una reducción de los consumos unitarios asociados y, complementariamente, conseguir que la incidencia agregada sobre el sector de la reducción en la disponibilidad de agua sea la menor posible”. Con la finalidad urgente de ‘ahorrar agua’ y adaptarse a la sequía extrema coyuntural, se puede asumir que en general los objetivos de estas políticas (de manera más o menos explícita) son los siguientes: a) en primer lugar, el ahorro de agua a través de la mejora en la eficiencia en el uso del agua, y b) en segundo lugar, potenciar un sector agrícola competitivo y rentable y, a través de ello, c) crear empleo en el medio rural y mejorar la calidad de vida del agricultor.

Al analizar la trayectoria de inversión pública en esta medida que muestra la Fig. 1 se puede observar como alcanza su máximo en 2008, iniciándose en 1998 y terminando en 2016.

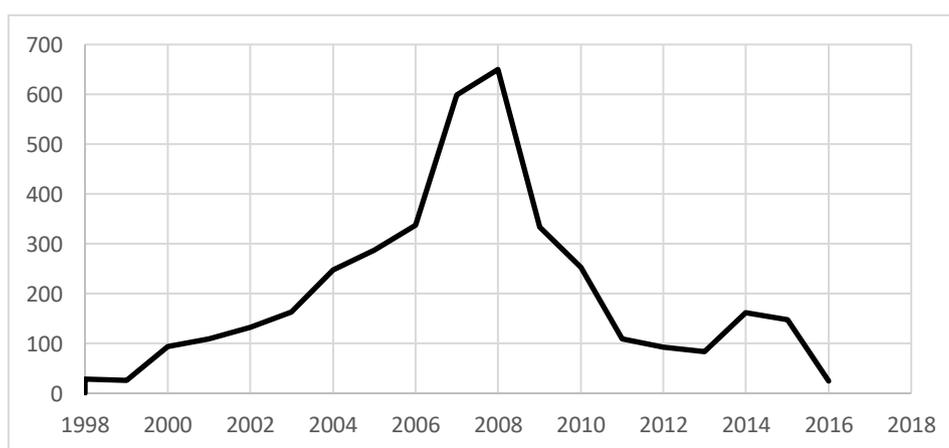


Figura 1. Inversiones del Estado en modernización. (mil millones EUR base 2016).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Dirección General del Agua.²

² Agradezco a la profesora M.M. Borrego la organización de esta información.

Las cifras de inversión han sido muy importantes, llegando a un total acumulado de 4.000 millones de EUR y, según las estimaciones del Ministerio de Agricultura, la modernización de 1,5 millones de hectáreas ha supuesto un ahorro de 3.000 hm³ al año³ y el Ministerio plantea seguir modernizando unas 800.000 ha adicionales en el futuro. Estas cifras del Ministerio chocan con otros datos oficiales que estimaba en 1,8 millones de hectáreas la superficie afectada⁴.

Al considerar las inversiones que refleja la Fig. 1, hay que añadir a los importes de subvención la aportación de los agricultores, que se estima en un 46% (frente a un 54% de inversión pública). Las inversiones han consistido en la mejora de conducciones desde tomas colectivas hasta la zona regable, construcción de bolsas, equipos de bombeo y auxiliarles, y redes de distribución incluidas válvulas volumétricas y telecontrol. Por su parte, los agricultores han hecho frente a una parte de cofinanciación y a los costes del ‘amueblamiento en parcela’ es decir, la instalación de riego por goteo o aspersión. La Fig. 2 ilustra la evolución de los sistemas de riego en España señalando el periodo más intenso de modernización (2002-15).

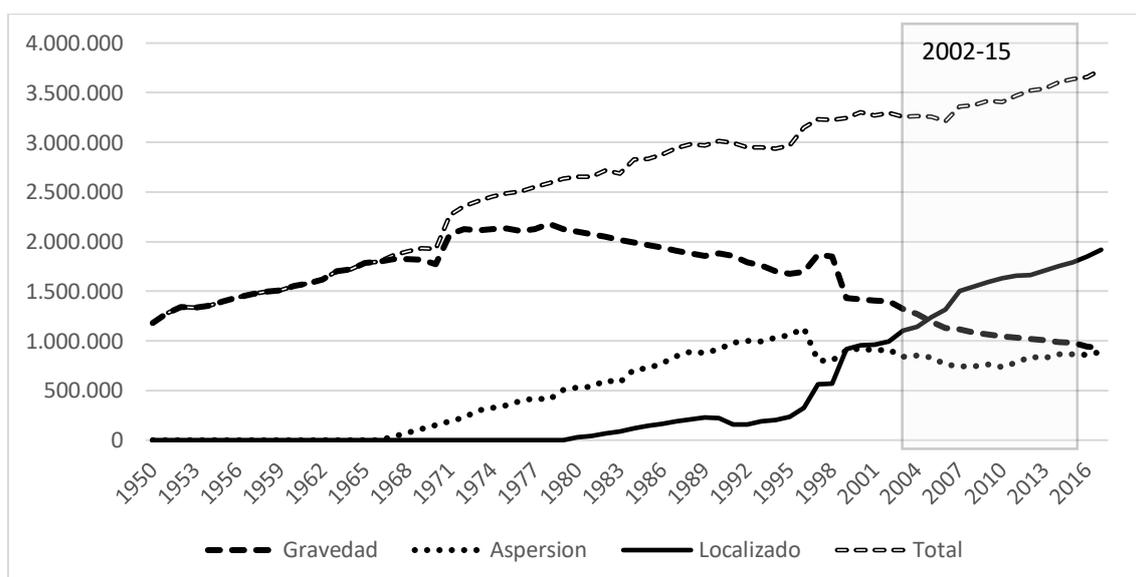


Figura 2. Superficie de riego por sistemas en España (ha). Fuente: Elaboración propia a partir de ESCYRCE y otras fuentes⁵.

En la figura se observa la línea prácticamente recta con 1% de crecimiento anual de la superficie total que se comentó en la sección precedente y la reducción del riego por gravedad y aumento de riego localizado que se acelera desde la sequía de 1990-1995 y que continúa con la modernización.

³ Declaraciones de la ministra (García Tejerina) el 26 de marzo de 2018 en Foro sobre “Políticas de Agua y Cambio Climático” en Alicante.

⁴ MAGRAMA (2016). Presentación de la Jornada “Evaluación Ambiental, Directiva Marco del Agua y Cambio Climático en relación con el regadío”. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

⁵ Agradezco al doctorando J. Espinosa la organización de esta información.

En esta primera aproximación al tema se puede ver el gran impacto territorial y el volumen económico implicado en esta medida y las grandes cifras de esta actuación a escala nacional. A continuación, planteamos un esquema de análisis.

4- ESQUEMA DE ANALISIS DE LOS EFECTOS DE LA MODERNIZACIÓN

El marco DPSIR (Kristensen, 2004) describe la interacción sociedad-medio ambiente como una cadena de vínculos causales que comienzan con "fuerzas motrices" (por ejemplo, actividades humanas, desarrollo de sectores económicos) a través de "presiones" (por ejemplo, extracciones, contaminación) en lo físico, químico y biológico. Los estados de las masas de agua provocan "impactos" en los ecosistemas, la salud humana y la economía, lo que en última instancia conduce a "respuestas" políticas o privadas. La modernización del regadío puede considerarse una "respuesta pública" dentro del esquema DPSIR propuesto. El análisis DPSIR es cíclico en lugar de lineal, como se ilustra en la Figura 3.

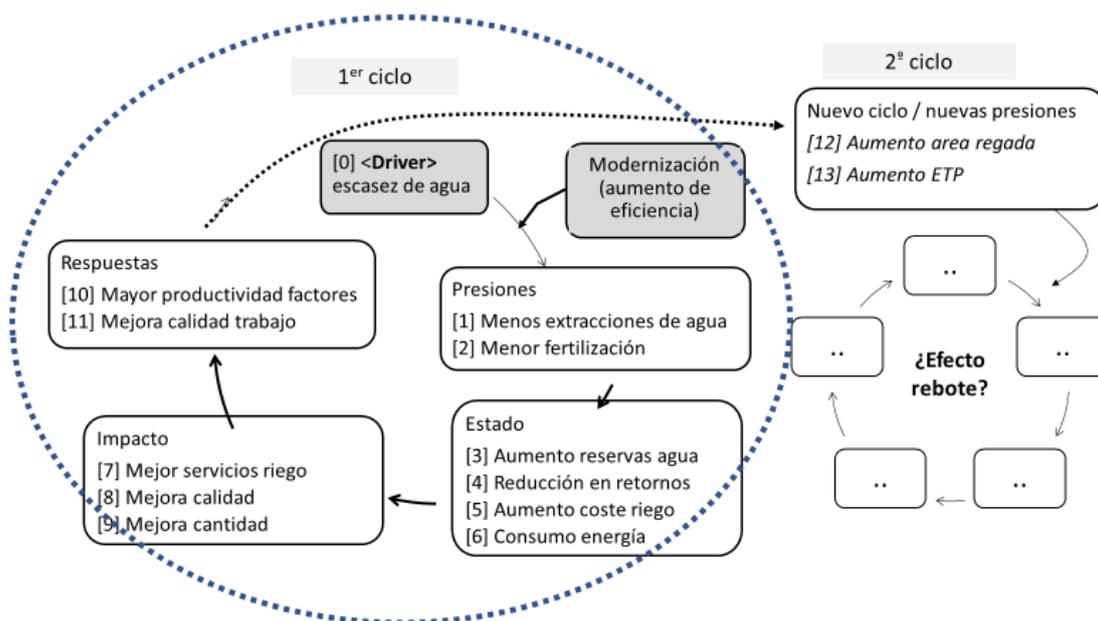


Figura 3: Esquema DPSIR de efectos de la modernización. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de modernización del riego promovido por los gobiernos centrales y regionales en España es multidimensional y ha generado varios efectos, la mayoría de los cuales son favorables, lo que alivia la presión sobre los recursos hídricos. En cuanto a los posibles efectos a largo plazo, los comentaremos como un 2º ciclo de cadenas causales ya que la proximidad a la modernización (2002-2005) no permite la distancia suficiente para analizar un 2º ciclo de DPSIR, aunque podemos evaluar e imaginar escenarios de futuro. Estos ciclos subsiguientes de DPSIR que siguen el proceso de modernización del riego (como una respuesta en el ciclo primario de DPSIR) están determinados por los nuevos

impulsores, presiones, cambios de estado, impactos y respuestas. Todos estos nuevos ciclos pueden entenderse como los diversos efectos derivados del riego.

En la Fig. 3 se representan los principales efectos de la modernización que pasaremos a estudiar en base a la información existente en estos momentos. Iniciaremos el análisis con los efectos sobre extracciones y consumos de agua.

5- EFECTOS SOBRE USO Y CONSUMO DE AGUA

5.1- Ahorro de extracciones

Como hemos visto, según el Gobierno, el objetivo principal declarado de esta medida es el ahorro de agua como justificación para las subvenciones a las CCRR, ya que, como se ha mencionado, su aprobación y puesta en práctica fue una respuesta a las sequías de los años 1992-95 y 2005-08. La mejora en redes de distribución y el cambio tecnológico producido han generado un aumento de la eficiencia y como consecuencia una reducción de ahorros brutos (reducción en las extracciones de agua). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan algunas de las estimaciones que aparecen en Berbel y Gutiérrez-Martín (2017). Puede observarse cómo el promedio de las observaciones está en un 30% de reducción sobre la cifra de extracciones anterior a la modernización.

Tabla 1. Ahorro de extracciones como resultado de la modernización. Fuente: Berbel y Gutiérrez-Martín (2017) a partir de varios autores.

Región/Cuenca	Muestra	Reducción de extracciones
Guadalquivir	36.000 ha	-30 %
Andalucía Occidental	90.000 ha	-25 %
Andalucía	470.000 ha	-33 %
CA Valenciana	60 CCRR	-40 a -60 %
Júcar (Acequia Real Júcar)	35.000 ha	-45 %
Tajo (Canal Estremera)	2.903 ha	-39 %
Ebro (varias CCRR)	Aprox. 200.000 ha	-3 % a -24 %

La cifra que se maneja es una reducción alrededor del 25% sobre la condición anterior. De hecho, es importante resaltar que en el 2º ciclo de planificación hidrológica ya se incluía como obligación en todos los planes que las subvenciones a la modernización se vinculaban a una reducción de los derechos⁶.

⁶ Un ejemplo de esta disposición se encuentra en P.H. del Guadiana que recoge en su *Artículo 22. Medidas relativas a las concesiones para riego. Se adoptarán como medidas para la mejora y eficiencia de los sistemas de regadío las siguientes: (..) b) En el caso de modernizaciones de regadíos con inversión pública en parte o en su totalidad (..) el incremento de recurso disponible obtenido será destinado, según proceda, a superar las infradotaciones existentes, a la mejora de la garantía de suministro, al incremento de reservas, o al cumplimiento de las restricciones ambientales, y nunca a un aumento de la superficie con derecho a riego. En el caso de modernizaciones de regadíos con inversión totalmente privada, el incremento de recurso disponible que se acredite,*

La cuestión más criticada es si este ahorro de extracciones que podemos ver como un hecho objetivo y medido de extracciones tiene un reflejo directo en la sostenibilidad de los sistemas hídricos, es decir, la mejora de las masas de agua de una cuenca. En otras palabras, cómo se convierte este ahorro bruto en ahorro neto a escala cuenca en términos cuantitativos y la mejora cualitativa de las masas de agua.

En el caso del uso de agua, hay que distinguir entre uso y consumo. Según la Comisión Europea, la agricultura representa el 24% de la extracción de agua en la UE, mientras que el 44% de las extracciones se destinan a refrigeración en la producción de energía, pero cuando se analiza a escala de cuenca, casi toda el agua de refrigeración se devuelve al medio en forma líquida mientras que en la agricultura los retornos son como media un tercio.

Las fracciones de uso de agua se diferencian en cuatro partes (Burt et al., 1997): (1) evapotranspiración de los cultivos; (2) evapotranspiración no beneficiosa (malas hierbas o evaporación directa); (3) escorrentía y percolación no recuperable (p. ej. sumideros salinos), y (4) fracción recuperable o retornos. La suma de todos los factores es lo que constituye el agua usada (1+2+3+4) mientras que la consumida no tiene en cuenta los retornos cuando estos son reutilizables por usuarios ‘aguas abajo’ (1+2+3).

El agua consumida en el regadío es principalmente la componente de evapotranspiración beneficiosa, si bien la modernización puede reducir la 2ª componente (ETP no-beneficiosa) aumentando la productividad del recurso. El cálculo preciso de la ETP es un trabajo complejo, por lo que se suele trabajar con estimaciones.

Corominas y Cuevas (2017) estiman, usando un modelo más simplificado y a escala Andalucía, unos ahorros brutos del 25% que se convierten, una vez que se tiene en cuenta las reducciones de retornos, en un ahorro neto del 12% a escala de cuenca. Por lo tanto, aproximadamente por cada 2 m³ que se dejan de extraer, la cuenca dispone de 1 m³ de recursos ahorrados que sirven para otros fines.

Los fines a los que se ha destinado este ahorro neto han sido:

- a) aumento de la superficie de regadío
- b) intensificación de cultivos y riego (manteniendo la superficie previa)
- c) aumento de caudales ecológicos,
- d) aumento de la reserva hidrológica

Veamos la experiencia que se ha tenido en España al respecto en cuanto al destino de los

será destinado en al menos un 50% a superar las infradotaciones existentes, a la mejora de la garantía de suministro, al incremento de reservas, o al cumplimiento de las restricciones ambientales, y el otro 50% podrá destinarse a un aumento de la superficie con derecho a riego.

ahorros brutos.

5.2 Evolución de la superficie regada

La superficie de riego en España ha tenido un crecimiento continuo hasta el año 2005, en el que se ha estabilizado a nivel nacional, aunque en algunas regiones ha continuado el crecimiento, si bien, con una tasa menor. La Fig. 2 y Tablas 2 y 3 muestran los valores de superficie regada en España. Hemos comentado, y es bastante evidente en la figura, que el crecimiento de la superficie regada en España es constante y sobre el 2,5% (1950-1980) que se va reduciendo hasta una media alrededor del 1% (1981-2017).

Del análisis de estos datos no se puede afirmar a primera vista que desde que se inició la medida de modernización haya existido ningún cambio de tendencia en cuanto al aumento de superficie regada en España tras el inicio de las modernizaciones.

La clave está en el aumento de superficie regada derivada del aprovechamiento de los ahorros. Playán y Mateos (2006) señalan el riesgo potencial de aumento, pero las observaciones de Berbel et al. (2015) indican una cierta reducción de la superficie regada en las CCRR estudiadas del Guadalquivir; o de Sanchis-Ibor et al. (2016), que detallan reducciones del área regada en Valencia que llegan al 20% en 10 años en algunos municipios, resultando de su trabajo de análisis que sólo el 10% de las 60 entidades entrevistadas experimentaron una expansión del área regada mientras el resto permaneció estable o se redujo.

No obstante, en regiones donde todavía quedan recursos de agua, el aumento de la superficie de riego y del consumo pueden ser perfectamente asumibles cuando no se deterioren las masas de agua vinculadas. Esta situación existe actualmente en muchas regiones de Europa, incluida algunas zonas de España.

5.3 Intensificación de cultivos y necesidades de riego

Manteniendo la superficie regada, puede producirse un aumento del consumo unitario, la pregunta es si se produce una intensificación de cultivos que lleva al aumento de consumo. Para analizar este punto disponemos del reciente trabajo de Borrego-Marín y Berbel (2017) que se resume en la tabla 5.

Tabla 5. Cambios de cultivos después de la modernización (muestra de Andalucía).

Fuente: Borrego-Marín y Berbel (2017).

Cultivos	Superficie antes (ha)	Superficie después (ha)	Incremento (%)
Frutales	14.116	20.584	45,8%
Hortícolas	4.768	8.978	88,3%
Industriales	28.964	20.669	-28,6%
Cereales	21.180	21.728	2,6%

Otros	11.855	11.250	-5,1%
Total	80.883	83.209	2,9%

El aumento de frutales incluye una parte de olivar, si bien el cultivo que más crece son los cítricos. Otra fuente para estudiar la intensificación es el trabajo de Berbel et al. (2015), que analiza otra muestra de CCRR con 33.132 ha regadas entre los años 2009 y 2012. Con anterioridad a la modernización, con cultivos son: algodón (26%), maíz (24%), remolacha (18%) cítricos (9%) hortalizas (4%) y otros (9%), y posteriormente: algodón (22%), maíz (16%), remolacha (8%) cítricos (23%) hortalizas (5%) y otros (14%). Este cambio de cultivos podría inducir a un mayor consumo (ET), sobre todo si se da una intensificación y una doble cosecha. Podría subir la ET total y las necesidades de riego (la parte de la ET que se cubre con el ‘agua azul’). De hecho, esto ocurre en el trabajo mencionado, pero este riesgo se contrarresta con una disminución de la concesión de agua, que se reduce desde 8.000 m³/ha hasta 6.000 m³/ha. Esta reducción hace que los cultivos deban soportar un ligero déficit hídrico, ya que el ratio de riego aportado respecto a las necesidades medias de riego del cultivo, conocido como Relative Irrigation Supply (RIS), baja de 0,97 hasta 0,86, lo que es posible por la adaptación al riego deficitario de la mayoría de los cultivos en la zona (López-Baldovín et al., 2006).

En algunas zonas regables en muy mal estado previo a la modernización, sí se ha producido una intensificación detectada y un aumento de consumo (ETP) con o sin implantación de dobles cosechas, esto ha ocurrido en zonas del Ebro.

En resumen, aunque hay una tendencia natural a la intensificación y al aumento de la productividad del agua y otros factores, esta tendencia se puede amplificar con la modernización. La consecuencia de esta intensificación es un aumento de las necesidades de riego que, en el caso de que no tengan una limitación por parte de la administración (reducción de concesiones) o de que la simple escasez del recurso impida un aumento de extracciones, acabaría provocando un mayor consumo.

6- OTROS EFECTOS RELEVANTES

6.1- Reducción de abonado y mejora de la calidad de los retornos

Existen pocos trabajos al respecto, entre los que Estrela (2017) detalla que en las zonas modernizadas del Júcar (Acequia Real del Júcar) hay un ahorro de abonado nitrogenado de un 27% menos de nitrógeno por hectárea. Este ahorro se explica porque se pasa de un abonado extensivo con dos o tres aplicaciones al año a un abonado localizado y concentrado en el ‘bulbo’ de la zona húmeda. En el Plan Hidrológico del Júcar (2015) se estima que la modernización consigue una reducción del exceso de nitrógeno en las masas de agua de la Demarcación del orden del 10,5%. En el caso del Ebro, se ha estimado un 30% de reducción de nitrógeno y de un 8% de reducción de sales y pesticidas.

Por su parte, García-Garizábal y Causapé (2010) estiman que la modernización del Canal

de las Bárdenas, con 15.500 ha en el Ebro, obtuvo una reducción de retornos desde los 3.620 m³/ha anteriores a 450 m³/ha después de modernizar (un 88% de reducción). Estos retornos arrastran una carga contaminante menor que se evalúa en una reducción de los nitratos y de las sales vertidas del 50% respecto a la situación previa.

6.2- Aumento del valor añadido por la agricultura

En las zonas modernizadas normalmente hay un cambio de cultivos hacia aquellos de mayor valor. Corominas y Cuevas (2017) argumentan que “..(la modernización)..ha inducido en Andalucía una intensificación de la explotación (..) y un extraordinario crecimiento del riego deficitario de olivar tradicional de secano y de nuevas plantaciones.”

Los datos recogidos en la Tabla 5 (sección anterior) son una muestra de estos cambios, de modo que podemos concluir que, en general, en las zonas modernizadas aumenta la superficie de cítricos, hortalizas, olivar y maíz mientras que principalmente disminuyen girasol, algodón, remolacha y trigo. No obstante, un análisis de las opiniones de los agricultores de zonas modernizadas en un trabajo sobre las razones del cambio de cultivos, evidencia que solamente el 33% justificó los cambios en base a la modernización y el resto lo explicaba en base a causas normales de mercados, cambios en la PAC, etc.

Expósito y Berbel (2019) hacen un análisis detallado de la evolución de la productividad de la tierra y del agua en el Guadalquivir en el periodo 1989-2012, y estudian el impacto de la intensificación y de la modernización, descomponiendo el aumento por crecimiento de la productividad total de los factores vinculada a la tierra y evolución general del sector del aumento debido a la mayor eficiencia del riego. En su análisis puede verse como la productividad del agua en la cuenca pasa del 0,29 a 0,65 €/ha en el periodo 1989-2012 (valores constantes 2012).

6.3 - Aumento del coste del agua y tarifación volumétrica

La gran aportación en este campo es la de implantar sistemas de medición que permite implementar la tarifa volumétrica en más de 1,8 millones de hectáreas modernizadas. A este cambio se une el aumento del coste unitario, que Sanchis-Ibor et al. (2016) estiman en un 80%, desde 515 EUR/ha hasta 927 EUR/ha (+80%) en la Comunidad Valenciana. Por su parte, Borrego et al. (2017) estiman que el aumento en Andalucía ha sido desde 149 EUR/ha antes de la modernización a 339 EUR/ha después (+128,30%) y Fernández García et al. (2014) detectan un incremento de los costes totales de riego en el intervalo que va desde 177 EUR/ha (189%) hasta 40 EUR/ha (22%).

Este aumento se debe al crecimiento de la parte de amortización y mantenimiento de las nuevas infraestructuras y sobre todo al aumento del coste de energía que aumenta considerablemente, llegando a multiplicarse por seis veces frente al consumo anterior.

6.4-Cambios en la gestión de las zonas regables y los agricultores

El nuevo riego a la demanda y el aumento de la garantía de suministro ha permitido la intensificación que se ha comentado, y esto permite a los agricultores más innovadores un cambio técnico hacia cultivos de mayor valor. Castillo et al. (2017) identifican que la intensificación productiva promovida por la modernización (1/3 de los encuestados que sustituyen cultivos herbáceos e industriales por frutales y hortícolas) la protagonizan mayoritariamente agricultores que se declaran más proclives a asumir riesgo empresarial. Las mejores condiciones de trabajo hacen que el porcentaje de jóvenes agricultores que se incorpora crezca en un 80% en las zonas modernizadas de Castilla-León frente a las no modernizadas⁷. En los nuevos regadíos el aumento de jóvenes que se incorporan a la agricultura es del 600% frente al secano.

7- RESUMEN DE EFECTOS OBERVADOS EN EL PERIODO 2002-2015

Ampliando el esquema DPSIR que presentaba la Fig. 3, y que desarrolla la Fig. 4, los mecanismos que disparan la implementación de las medidas de modernización son complejos, producen interacciones y se retroalimentan.

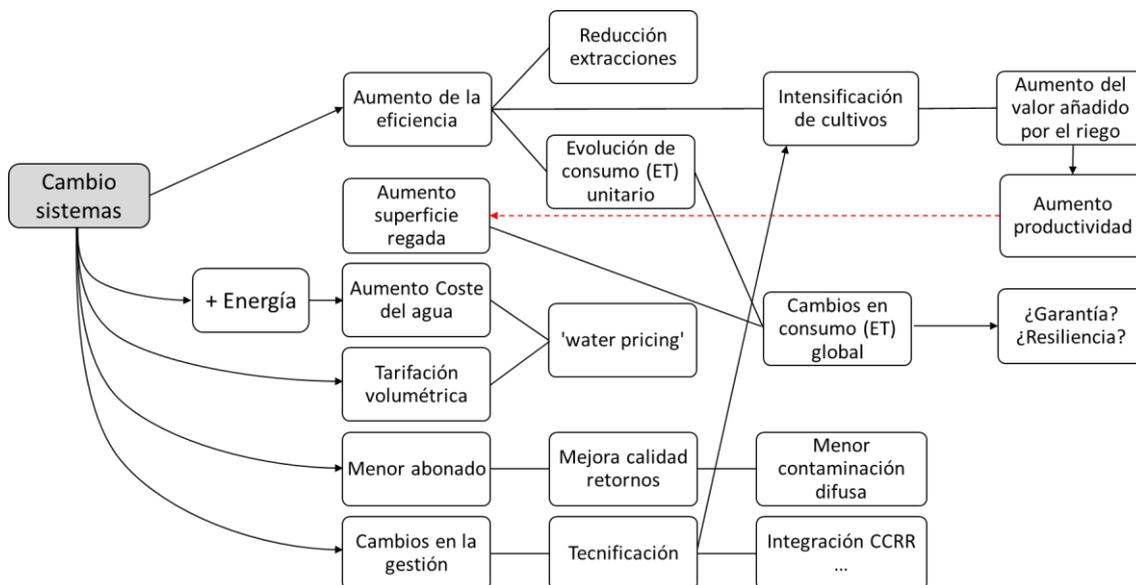


Figura 4: Esquema de impactos de la modernización (Elaboración propia)

La

⁷ Sáez González, R. comunicación en el Congreso Nacional de Riegos. Tarragona 8/6/2017

Tabla 6 muestra un resumen de los indicadores que se han venido analizando en las secciones anteriores.

Tabla 6: Resumen de indicadores de impacto de la modernización. Fuente: Elaboración propia a partir de Berbel y Gutiérrez-Martín (2019).

	Respuesta	Impacto	Notas
[1]	Ahorro de agua derivado de la modernización	Reducción entre 25 y 33% de extracciones	Ver tabla 4.
[2]	Reducción de concesiones	la Admón. retiene el 25% de la concesión	Recogido en Planes Hidrológicos (PH)
[3]	Intensificación de cultivos	Aumento frutal, doble cosecha y hortalizas	Ver Tabla 5
[4]	Evolución de la superficie regada	Prohibido/limitado en Planes Hidrológicos 2015	EL PH Guadalquivir permite retener al particular el 45% del ahorro cunado no hay subvención.
[5]	Evolución de consumo (ET) por hectárea	Riego deficitario anterior -> Aumento ET/ha	Muy variable
		Riego anterior buen estado + Recorte -> No aumento ET/ha	
[6]	Reducción de consumo (ET) global	Dependiendo de [4] y [5]	Dos condiciones para no existir aumento: no hay aumento de superficie y hay recorte de concesiones
[7]	Evolución del abonado	Reducción 25% presión	
[8]	Evolución calidad retornos	Reducción 80% cantidad químicos exportados	
[9]	Aumento del valor añadido por la agricultura	Intensificación (muy variable)	Aumento de area de frutales y hortícolas. Reducción cultivos PAC
[10]	Tarifación volumétrica	Obligatoria (100%)	1,8 millón ha la han implantado
[11a]	Coste del agua (superficiales)	Aprox. 150% de aumento (muy variable)	Energía (+600%), otros costes (+200%)
[11b]	Coste del agua (subterráneas)	Reducción pérdidas de agua, ahorro energía	Pequeña reducción (EUR/ha y EUR/m ³) en algunas CCRR de Aguas Subterráneas
[12]	Cambios en la gestión de las zonas regables y los agricultores	Profesionalización gestores CCRR / fusiones / innovadores	Mayor incorporación de jóvenes en áreas modernizadas

La modernización aumenta por un lado la garantía de suministro, pero hace menos

resiliente al sistema de riego al intensificar los cultivos y perder el ‘colchón’ que suponían los herbáceos que dejaban de regarse cuando la sequía reducía la oferta. Estos dos efectos se contraponen y convendría estudiarlos más a fondo en un futuro.

8. UN CASO DE ESTUDIO DE ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LA MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS

8.1 Concepto de Análisis Coste Beneficio

El análisis Coste-Beneficio (ACB) se puede usar para evaluar la formulación de políticas (Choy, 2018) como es nuestro caso y en esta sección vamos a comentar un reciente trabajo de Borrego-Marín y Berbel (2019) que elaboran un análisis ACB de la Modernización en el Guadalquivir. En el ACB todos los costes y beneficios se convierten a unidades monetarias, lo que permite estimar una ratio de beneficios totales divididos entre los costes totales; una proporción mayor que uno indica que la medida política es beneficiosa desde un punto de vista social y, por lo tanto, produce una mejora en el bienestar.

En este análisis seguimos basándonos en el modelo DPSIR (Fig. 3 y 4) que ha sido la línea argumental de este capítulo si bien se hace una ligera adaptación separando efectos directos e indirectos, ya que, a escala de cuenca, los impactos socioeconómicos directos de un cambio en el nivel de actividad agraria tienen un impacto indirecto a través de un efecto multiplicador en el resto de la economía.

8.2. Estimación de costes

8.2.1. Costes financieros

La identificación y caracterización de las medidas de ahorro de agua se han tomado del Plan Hidrológico de la DHG 2016-2021, empleando el Coste Anual Equivalente (CAE) que se utiliza como un indicador de coste financiero definido como:

$$CAE = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} K + COyM$$

donde 'K' representa los costes de inversión; 'COyM' son los costes de operación y mantenimiento; 'r' es la tasa de descuento; y 'n' es la vida útil del proyecto o medida. El horizonte temporal para este tipo de infraestructuras suele ser de 25 años y la tasa de descuento seleccionada es $r = 4\%$. Los autores estiman que el valor de las inversiones totales ascienden a 934 millones de euros. Esta inversión genera unos costes operacionales y de mantenimiento de alrededor de 61 millones de EUR/año (MAGRAMA, 2016). Aplicando estos parámetros, el CAE total es de 114,2 millones de EUR/año.

8.2.1. Coste por aumento de las emisiones de CO₂

La modernización trae consigo un aumento de las conducciones presurizadas y de los sistemas de riego en parcela con el empleo de aspersión y goteo frente al sistema anterior de riego tradicional. Todo ello trae consigo un aumento del consumo de energía. Camacho et al. (2017) estiman la energía requerida para diferentes cultivos regados mediante riego localizado en la DHG, reportando un promedio de 563 kWh/ha. El Plan Hidrológico de la DHG estima el área afectada por las medidas de modernización de regadíos en 365.588 ha, lo que implica un aumento del CO_{2eq}. El valor económico de las emisiones de CO_{2eq} se obtiene multiplicando las toneladas de CO₂ emitidas por un coste unitario expresado en términos monetarios para lo que se va a emplear el criterio de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2016). La estimación actual de SC-CO₂ calculada por la EPA es de 47\$/tCO₂ (38,5 EUR/t). El resultado de aplicar las estimaciones de Camacho et al. (2017) con el coste que emplea la EPA es:

$$83.187 \text{ t } CO_{2-eq} \cdot 38.54 \frac{\text{EUR}}{\text{t}} = 3.206.013 \text{ EUR}$$

8.3 Estimación de beneficios

Los indicadores seleccionados para el cálculo de los beneficios de las inversiones en medidas para el ahorro de agua de riego se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. ACB de las inversiones en medidas de ahorro de agua para riego.

Fuente: Borrego-Marín y Berbel (2019).

Clave	Indicador	Unidad	EUR/Und	Total 10 ⁶ €	%
Servicios de provisión					
[D]	Incremento productividad del agua	1.240 hm ³	0,12	148,8	36,60%
[E]	Incremento de empleo	6.006 UTA	10,08	44,5	11,00%
[F]	Incremento por garantía	2.205 hm ³	0,06	132,3	32,60%
Servicios de regulación					
[G]	Incremento leñosos (captura de CO ₂)	2,04 10 ⁶ t CO ₂	38,54	78,9	19,40%
[H]	Reducción de la fertilización por ha	14.777 t CO ₂	38,54	0,6	0,10%
[I]	Reducción de la contaminación difusa	5.484 t N	208	1,1	0,30%
[J]	Total Directos			406,3	100,0%
[K]	Multiplicador VAB de la Economía			72,9	n/a
[L]	Multiplicador Empleo de la Economía			29,7	n/a
[M]	Total directo + multiplicador			508,9	n/a

Los resultados muestran un alto beneficio social en comparación con el coste de las medidas de modernización de regadíos. A pesar de la relevancia de los resultados, hay que tener en cuenta que se refieren a una cuenca hidrográfica del sur de España, por lo

que el impacto de dichas medidas puede depender de la ubicación específica de cada cuenca. La tabla 7 muestra que los servicios de provisión [D, E y F] comprenden el 80% de los beneficios, mientras que los servicios de regulación [G, H y I] representan el 20%. No se han valorado los servicios culturales o de biodiversidad debido a las complejidades e incertidumbre en dicha valoración subjetiva.

8.4 Efecto multiplicador y ratio ACB

Para el caso específico de la agricultura de regadío, la literatura ofrece diferentes estimaciones de este efecto multiplicador: India 3,15 (Bhattarai et al., 2001); Estados Unidos (California) 1,49 (Howitt et al., 2015); España 3,43 (Rodríguez-Chaparro, 2013) y 1,4 (Gómez-Ramos y Pérez, 2012); y Australia (Nueva Gales del Sur) 5,0 (Bhattarai et al., 2001): Por otra parte, Watson et al. (2008) estiman el efecto multiplicador de la industria del golf en Nuevo Méjico, situándolo próximo a 2,5. En nuestro caso se ha optado por una estimación conservadora empleando 1,4 como factor multiplicador.

En cuanto al ratio final, se puede aplicar el cociente Beneficios/Costes, si bien parece conveniente en el caso del CO₂ emplear el cambio neto (aumento por emisiones - captura), siendo así que la ratio es de 4,4 incluyendo el efecto indirecto multiplicador en el resto de la economía. No se ha pretendido incluir en este trabajo los efectos ‘no de mercado’ que se deben tratar de estimar con metodologías dentro del campo de la valoración contingente (Martin-Ortega et al., 2009).

9. UN COMENTARIO SOBRE EL EFECTO REBOTE

Como se mencionó en la introducción, existe una polémica a nivel internacional y a nivel nacional sobre el posible ‘efecto rebote de la modernización’. Berbel et al. (2017) revisan la evidencia empírica en España que se resume en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resumen de casos publicados sobre modernización de regadíos en España.

Fuente: (Berbel et al., 2017); * En este caso el aumento de superficie regada es dentro del perímetro de la zona regable, no hay ampliación.

		Situación previa a la modernización	
		<i>Riego deficitario/ Sin reducción de derechos</i>	<i>Riego completo/ Con reducción derechos</i>
Situación posterior a la modernización	<i>Sin aumento de superficie regada</i>	[1] Uso agua: Ligera reducción	[3] Uso agua: Reducción significativa (25% aprox.)
		Consumo agua: Probablemente constante	Consumo agua: Sin cambios
		Evidencias: (Soto-García et al., 2013, Alcón et al., 2017)	Evidencias: (Berbel et al., 2015); (García-Garizábal y Causapé, 2010); (García-Mollá et al., 2013)
	<i>Con aumento de</i>	[2] Uso agua: Ligera reducción	[4] Uso agua: Ligera reducción
		Consumo agua: Aumento	Consumo agua: Aumento

	<i>superficie regada</i>	significativo	significativo
		Evidencias: (Lecina et al., 2010)	Evidencias: (Corominas y Cuevas, 2017) (Scott et al., 2014)

En la tabla 8 se clasifican los casos de estudio en función de la situación anterior a la transformación y de las reglas que gobiernan el destino de los ahorros potenciales, la modernización produce efectos diferenciales en las variables relativas al uso y consumo de agua. Así, cabe diferenciar cuatro situaciones diferentes con resultados igualmente dispares en cuanto al ahorro de agua:

1. Regadíos inicialmente infradotados, mantenimiento superficie regada. En estos casos, las dotaciones son extremadamente deficitarias (p. ej., Campo de Cartagena), donde la modernización ha tratado de paliar parcialmente tal escasez, no se ha permitido incremento en la superficie regada y se ha mantenido la concesión (que sigue siendo deficitaria). Se han reducido extracciones, pero los consumos probablemente se mantienen.
2. Regadíos inicialmente infradotados, aumento superficie regada (en el interior del perímetro regable). Hay casos en los que el deterioro en las redes de distribución (obsolescencia, falta de mantenimiento), provocaba que muchas parcelas *regables de derecho*, en la práctica estuvieran en secano por falta de suministro agua, y que las parcelas efectivamente regadas tuvieran dotaciones reales por debajo de los derechos concesionales reconocidos, un ejemplo son los riegos del Alto Aragón. En tales condiciones ha parecido igualmente razonable que la concesión de agua permanezca constante tras la modernización. En estos casos la modernización se ha traducido en una ligera reducción en el uso del agua, pero un aumento significativo de su consumo, dado el incremento de la superficie regada aunque se haya mantenido la superficie regable en muchos casos constante.
3. Regadíos suficientemente dotados antes de la modernización (coincidencia de la superficie regable y regada), en los cuales no se ha podido incrementar la superficie regada, y donde se ha producido una reducción de la concesión de agua, como ejemplo los casos de la cuenca del Guadalquivir donde el uso del agua se ha reducido de forma notable (aproximadamente el 25%), y que el consumo de agua apenas ha cambiado.
4. Regadíos suficientemente dotados antes de la modernización donde los ahorros han generado nuevas concesiones a otras zonas regables no ampliando la afectada, provocando un incremento de la superficie regable en el conjunto de la cuenca. Este ha sido el caso de algunas actuaciones, donde a pesar de experimentarse una ligera reducción en el uso del agua, se ha producido un aumento de su consumo.

En resumen, los diferentes casos estudiados descartan en España que la modernización haya provocado un efecto rebote relevante. En nuestra opinión, el aumento de la superficie regada tradicional e histórico, se deben a la dinámica institucional de la gestión del agua en nuestro país y deficiencias de gobernanza existente. No obstante, de continuar el aumento de superficie de un 1% anual acumulativo, es probable que a medio plazo la mejora de la situación hidrológica en cuanto a garantías y ahorros se anule y nos encontremos en una situación peor que la anterior al carecer de margen de maniobra.

10- COMENTARIOS FINALES

Este trabajo pretende arrojar luz sobre la medida más importante en política de aguas en España en las últimas dos décadas. El resultado en nuestra opinión es muy positivo, ya que la mejora de la modernización ha conseguido mejorar la garantía de suministro de agua al riego, así como la flexibilidad de su gestión. Esto ha permitido aumentar su productividad y reducir las extracciones. Esta mejora no ha sido gratis, sino que ha supuesto unas inversiones en capital tanto público como privado.

Un efecto muy importante de la modernización es reducir la contaminación difusa generada por la agricultura de riego. En primer lugar, se reducen las aplicaciones de fertilizantes y que ahora se realizan mediante *fertirrigación*, que permite que la planta aproveche mejor los nutrientes reduciendo la exportación de sales y agroquímicos. Esa reducción en las cantidades exportadas se une a una reducción de los retornos que ahora son de mejor calidad. Hay autores que están muy preocupados por la reducción de los retornos, que con anterioridad a la modernización servían para la recarga de zonas húmedas (p.ej. Albufera valenciana) pero en principio los caudales liberados por la modernización permitirían que agua de calidad se desembalse o bien no se extraiga y que los caudales ambientales se mantengan dentro de las determinaciones de cada Plan Hidrológico, respetando la cantidad y, en este caso, mejorándola sensiblemente. Ahora, pasa a ser una cuestión de gobernanza y de gestión pública de los caudales ambientales.

Una de las consecuencias más criticadas ha sido el aumento del consumo de la energía, de hecho, hay varios grupos de investigación en España y empresas que están innovando en la integración de energías renovables con el riego. La principal barrera para que esta integración se desarrolle es puramente administrativa, y está (esperemos) en vías de solución. Adicionalmente y según nuestros trabajos, el balance de CO₂ de la modernización es positivo, ya que la captura de los leñosos supera al aumento de emisiones con el *mix* energético español actual. Este tema requiere más investigación en el futuro.

Por último, la trayectoria de crecimiento de superficie regada de un 1% anual acumulativo que se viene observando desde hace varias décadas se mantiene actualmente y es uno de los principales peligros, ya que puede acabar consumiendo los ahorros generados en el periodo 2002-2015. Si continuara este crecimiento al ritmo de los últimos 50 años, la superficie regada el año 2047 (1% de crecimiento desde el área regada en 2017). El aumento de superficie regada implicaría reducir las dotaciones medias y la garantía frente a las sequías que forman parte del clima mediterráneo y que pueden aumentar con el cambio climático. Parte del crecimiento de esta superficie podría emplear agua desalada y regenerada, a un alto coste y solo viable en zonas costeras. Esta pérdida de garantía, si se une a la mayor exposición financiera de las nuevas plantaciones leñosas y cultivos intensivos, puede generar problemas graves en el futuro.

REFERENCIAS

ALCÓN, F., GARCÍA-BASTIDA, P., SOTO-GARCÍA, M., MARTÍNEZ-ALVAREZ, V., MARTIN-GORRIZ, B. and BAILLE, A. (2017). Explaining the performance of irrigation communities in a water-scarce region. *Irrigation Science*, 1-11.

BERBEL, J., EXPÓSITO, A., GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. and PÉREZ-BLANCO, C.D. (En prensa). Water, where do we stand? En: VASEL, A. and TING, D. S.-K. (eds.) *Air, Water, Food, and Energy – the four life-supporting elements*. Taylor and Francis / CRC.

BERBEL, J., GÓMEZ-LIMÓN, J.A. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (2017). Modernización de regadíos y ahorro de agua. En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural, Almería.

BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (2017). *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Fundación Cajamar, Almería.

BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (2019). Impacto ambiental, social y económico de la modernización de regadíos en España. En: GARRIDO, A. (ed.) *El regadío en el Mediterráneo español. Una aproximación multidimensional*. Cajamar Caja Rural, Almería.

BERBEL, J., GUTIÉRREZ-MARTÍN, C., RODRÍGUEZ-DÍAZ, J.A., CAMACHO, E. and MONTESINOS, P. (2015). Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study. *Water Resources Management*, 29, 663-678.

BHATTARAI, M., SAKTHIVADIVEL, R. and HUSSAIN, I. (2001). *Irrigation impacts on income inequality and poverty alleviation: Policy issues and options for improved management of irrigation systems*. IWMI.

BORREGO-MARÍN, M.M. and BERBEL, J. (2017). Impacto de la modernización de regadíos sobre el uso del agua y otras variables socioeconómicas en Comunidades de Regantes de Andalucía Occidental. En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural, Almería.

BORREGO-MARÍN, M.M. and BERBEL, J. (2019). Cost-benefit analysis of irrigation modernization in Guadalquivir River Basin. *Agricultural Water Management*, 212, 416-423.

BURT, C.M., CLEMMENS, A.J., STRELKOFF, T.S., SOLOMON, K.H., BLIESNER, R.D., HARDY, L.A., HOWELL, T.A. and EISENHAEUER, D.E. (1997). Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123, 423-442.

CAMACHO, E., RODRÍGUEZ-DÍAZ, J.A. and MONTESINOS, P. (2017). Ahorro de agua y consumo de energía en la modernización de regadíos. En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural, Almería.

CASTILLO, M., BORREGO-MARÍN, M.M. and BERBEL, J. (2017). Perspectiva del agricultor sobre el efecto de la modernización de regadíos en la distribución de cultivos. En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *El impacto de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural, Almería, Spain.

CHOY, Y.K. (2018). Cost-benefit Analysis, Values, Wellbeing and Ethics: An Indigenous Worldview Analysis. *Ecological Economics*, 145, 1-9.

COROMINAS, J. and CUEVAS, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos. Pensando el futuro: ¿cómo será el nuevo paradigma? En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural, Almería.

EEA (2016). Environmental indicator report 2016. In support to the monitoring of the 7th Environment Action Programme, EEA Report No 30/2016. Copenhagen: European Environment Agency.

EMBID-IRUJO, A. (2017). El marco jurídico de la modernización de regadíos. En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. CAJAMAR Caja Rural, Almería.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) (2016). Social cost of carbon. EPA Fact Sheets. Washington, USA: Environmental Protection Agency.

ESPINOSA-TASÓN, J., GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. and BERBEL, J. (2019). La evolución del agua y la energía en el regadío español. *Congreso Nacional del Agua 2019: innovación y sostenibilidad*. Orihuela (Alicante), febrero de 2019.

ESTRELA, T. (2017). La modernización de regadíos en la planificación hidrológica: el caso de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. En: BERBEL, J. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (eds.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural, Almería.

EUROPEAN COMMISSION (2012). *A Blueprint to safeguard Europe's water resources. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2012) 673 Final*. European Commission, Brussels, Belgium.

EXPÓSITO, A. and BERBEL, J. (2019). Drivers of irrigation water productivity and basin closure process: Analysis of the Guadalquivir River Basin (Spain). *Water Resources Management*.

FERNÁNDEZ GARCÍA, I., RODRÍGUEZ DÍAZ, J.A., CAMACHO POYATO, E., MONTESINOS, P. and BERBEL, J. (2014). Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts. *Agricultural Systems*, 131, 56-63.

GARCÍA-GARIZÁBAL, I. and CAUSAPÉ, J. (2010). Influence of irrigation water management on the quantity and quality of irrigation return flows. *Journal of Hydrology*, 385, 36-43.

GARCÍA-MOLLÁ, M., SANCHIS-IBOR, C., ORTEGA-REIG, M.V. and AVELLÁ-REUS, L. (2013). Irrigation associations coping with drought: the case of four irrigation districts in Eastern Spain. En: SCHWABE, K., ALBIAC MURILLO, J., CONNOR, J. D., HASSAN, R. M. and MEZA GONZÁLEZ, L. (eds.) *Drought in Arid and Semi-Arid Regions*. Springer, The Netherlands.

GÓMEZ-RAMOS, A. and PÉREZ, S.O. (2012). Valoración económica de las medidas destinadas a la recuperación ambiental de una masa de agua muy modificada. El caso del acuífero Bajo-Almanzora (Almería). *Economía Agraria y Recursos Naturales-Agricultural and Resource Economics*, 12, 5-30.

GRAFTON, R.Q. (2019). Policy review of water reform in the Murray–Darling Basin, Australia: the “do's” and “do'nots”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 0, 1-26.

HOWITT, R., MEDELLÍN-AZUARA, J., MACEWAN, D., LUND, J. and SUMNER, D. (2015). Economic analysis of the 2015 drought for California agriculture. Davis, US: Center for Watershed Sciences, University of California, Davis.

KRISTENSEN, P. (2004). The DPSIR Framework. *Workshop on a comprehensive/detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach*. Nairobi, Kenya.

LE MOUËL, C., DE LATTRE-GASQUET, M. and MORA, O. (2018). *Land use and food security in 2050: A narrow road*. Éditions Quæ, Paris.

LECINA, S., ISIDORO, D., PLAYÁN, E. and ARAGÜÉS, R. (2010). Irrigation modernization and water conservation in Spain: The case of Riegos del Alto Aragón. *Agricultural Water Management*, 97, 1663-1675.

LÓPEZ-BALDOVÍN, M.J., GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. and BERBEL, J. (2006). Multicriteria and multiperiod programming for scenario analysis in Guadalquivir river irrigated farming. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 499-509.

MAGRAMA (2016). El Análisis Coste-Eficacia de los Programas de Medidas (II Planes Hidrológicos 2016-2021). Madrid: MAGRAMA.

MARTIN-ORTEGA, J., BERBEL, J., & BROUWER, R. (2009). Valoración económica de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la mejora de la calidad del agua: una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9 (1380-2016-115306), 65.

MONTILLA-LÓPEZ, N.M., GÓMEZ-LIMÓN, J.A. and GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (2018). Sharing a river: Potential performance of a water bank for reallocating irrigation water. *Agricultural Water Management*, 200, 47-59.

OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT) (2015). *Water resources allocation: Sharing risks and opportunities*. OECD, Paris.

PERRY, C., STEDUTO, P. and KARAJEH, F. (2017). Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence. *Discussion paper on irrigation and*

sustainable water resources management in the Near East and North Africa. Regional Initiative on Water Scarcity for the Near East and North Africa. Cairo: FAO.

PLAYÁN, E. and MATEOS, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural Water Management*, 80, 100-116.

RODRÍGUEZ-CHAPARRO, J. (2013). Razones y efectos del regadío: Efecto multiplicador ante la actual crisis. *La modernización de regadíos en el contexto de la estrategia europa 2020.* Madrid.

SANCHIS-IBOR, C., GARCÍA-MOLLÁ, M. and AVELLÀ-REUS, L. (2016). Effects of drip irrigation promotion policies on water use and irrigation costs in Valencia, Spain. *Water Policy*, wp2016025.

SCHLOSSER, C.A., STRZEPEK, K., GAO, X., FANT, C., BLANC, É., PALTSEV, S., JACOBY, H., REILLY, J. and GUENEAU, A. (2014). The future of global water stress: An integrated assessment. *Earth's Future*, 2, 341-361.

SCOTT, C.A., VICUÑA, S., BLANCO-GUTIÉRREZ, I., MEZA, F. and VARELA-ORTEGA, C. (2014). Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 1339-1348.

SOTO-GARCÍA, M., MARTÍNEZ-ALVAREZ, V., GARCÍA-BASTIDA, P.A., ALCÓN, F. and MARTIN-GORRIZ, B. (2013). Effect of water scarcity and modernisation on the performance of irrigation districts in south-eastern Spain. *Agricultural Water Management*, 124, 11-19.

UNITED NATIONS (2012). *System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water)*. United Nations, New York.

UNITED NATIONS (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key findings and advance tables.* ESA/P/WP/248. United Nations, New York.

WADA, Y. and BIERKENS, M.F., P. (2014). Sustainability of global water use: Past reconstruction and future projections. *Environmental Research Letters*, 9, 104003.

WATSON, P., DAVIES, S. and THILMANY, D. (2008). Determining economic contributions in a recreational industry: An application to Colorado's golf industry. *Journal of Sports Economics*, 9, 571-591.

WEI, J., WEI, Y. and WESTERN, A. (2017). Evolution of the societal value of water resources for economic development versus environmental sustainability in Australia from 1843 to 2011. *Global Environmental Change*, 42, 82-92.