

NUEVOS INDICIOS DEL INCREMENTO DE CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA TRAS LOS PROGRAMAS DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS EN ESPAÑA

Ricardo Aliod Sebastián, Universidad Zaragoza; Alberto Fernández, WWF

Palabras clave: Regadío, efecto rebote, consumo de agua, modernización.

1. Introducción y objetivos

Los efectos sobre las cuencas de la “paradoja hidrológica de la eficiencia” y el “efecto rebote” que sufren los procesos de modernización de regadío habituales hacen que, aunque pueda reducirse el uso de agua, acabe incrementándose su consumo[1]. La descripción de estos fenómenos y sus consecuencias se encuentra en publicaciones científicas (Grafton et al., 2018), (Pérez-Blanco et al., 2021), en los informes de organizaciones tan distintas como (WWF, 2015) y la propia FAO (FAO, 2017) o el Tribunal de Cuentas Europeo (TCE, 2021).

Sin embargo, estos efectos son habitualmente negados, o despreciados, por las organizaciones de regantes y el Ministerio de Agricultura, e incluso desde organismos del agua del MITECO, como son la Confederaciones Hidrográficas y la propia Subdirección de Planificación Hidrológica.

A pesar de la necesidad de cuantificarlos, y de acotar las condiciones en que aparece, resulta sospechosa la ausencia de auditorías y su escaso reflejo en la literatura técnica. En (Jiménez, 2017), usando datos de un seguimiento de 20 años, se comprueba que al modernizar una gran CR de Aragón, apareció un incremento medio del consumo de 11 % en cultivos extensivos de alfalfa y maíz en. En (Ruiz, 2017)[2], estudiando 5 parcelas de limonero en cobertura tradicional sin intensificar, de riego por superficie, y 6 de riego por goteo, de sectores próximos en una misma campaña de riego, se encuentra un descenso del consumo de sólo el 2% en el goteo. Este valor, que cae dentro del orden de magnitud del error de las medidas, tal vez se explica gracias al cambio de un alto consumo no productivo a productivo. En California (Thoreson, Lal y Clark 2013), mediante técnicas de teledetección, comprueban una reducción de la ET tras la modernización en cultivos leñosos (que según los autores podría ser debida la introducción adicional de riego deficitario controlado), y un aumento de ET en el único cultivo hortícola que estudian (tomate). WWF[3] efectúa en tres CCRR medidas de ET

[1] Es imprescindible no confundir los términos “uso de agua” (agua con que se dota al riego), y “consumo de agua” (agua evapotranspirada = agua usada – retornos de agua)

[2] Exhibido por organizaciones de regantes como caso de éxito

[3] Comunicación personal

Sin embargo, (Espinosa, Berbel y Gutiérrez, 2020) presentan un modelo globalizado, que estima la evolución tanto del uso de agua como del consumo de agua y la energía eléctrica en el conjunto del regadío español desde 1950 hasta 2017, que no muestra efecto rebote, aunque admiten su existencia de forma marginal.

La sencilla metodología del modelo empleado, con valores medios y coeficientes globales en el espacio y tiempo, no refleja la enorme variabilidad territorial y de tipologías de zonas de riego. Por tanto, cualquier resultado que se obtenga no será sino una estimación muy grosera, que no permite establecer afirmaciones concluyentes. En cambio, tiene la enorme virtud de incorporar unas hipótesis claramente enunciadas, y de facilitar los datos bajo licencia Creative Commons (CC BY 4.0) , así como la hoja de cálculo empleada para la confección del trabajo: “DATASET AGWT 2019 irrigation water energy nexus.xls”. En adelante lo denominamos como DATASET original.

Puesto que algunos de los parámetros e hipótesis adoptados en el *DATASET original* muestran un notable grado de incertidumbre, o se toman valores discutibles, y dado que (Espinosa, Berbel y Gutiérrez, 2020) no aporta un análisis paramétrico de sensibilidad, resulta de interés reevaluar los resultados del modelo, reajustando algunas magnitudes con el fin de aproximarlas a valores que se acercan más a la realidad de nuestra experiencia práctica, y que en todo caso confirman las sensibilidad de los resultados a los supuestos de partida.

2. Metodología

Se han revisado los datos, parámetros y modelo de cálculo del *DATASET original*, introduciendo una serie cambios y modificaciones en sus valores, generando el modelo *DATASET modificado*[4], como se describe a continuación.

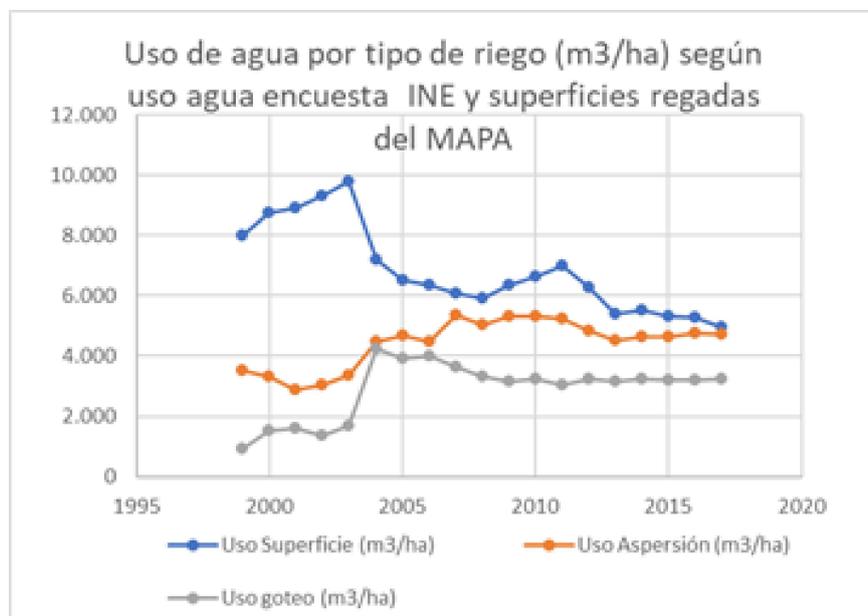
La hipótesis respecto a la que los resultados del cálculo del *DATASET original* presentan más sensibilidad, es el “uso de agua por ha” promediado para toda España, según tipología de riego (superficie, aspersión y goteo), y considerado constante para toda la geografía nacional[5]. En el *DATASET original* , entre 1999 y 2017 el uso de agua se obtiene de los valores consignados en la encuesta de anual del INE sobre el uso del agua en sector agrario, y para el periodo 1950- 1998 se toma su promedio. Queremos mostrar las dudas de fiabilidad que suscita dicha encuesta, por falta de medidas de

[4] Solicitar el DATASET modificado, de uso libre, derivado del DATASET original de (Espinosa, Berbel y Gutiérrez, 2020), a raliod@unizar.es

[5] Al margen de variaciones de pluviometría y de refinamientos técnicos durante el periodo para cada tipo de riego.

verificación[6]. Si se desglosa para cada año del periodo 1999-2017 el uso de agua por ha y por tipo de cultivo, calculado al combinar los resultados de esta encuesta (INE) con la superficie de regadío correspondiente ofrecida en el *DATASET original*, se obtiene la evolución del uso de agua/ha por tipo de riego, como muestra la (Figura 1):

Figura 1 Evolución uso de agua



Fuente: INE, “Dataset original” y elaboración propia

Tabla 1 Parámetros DATASEToriginal y DATASETmodif

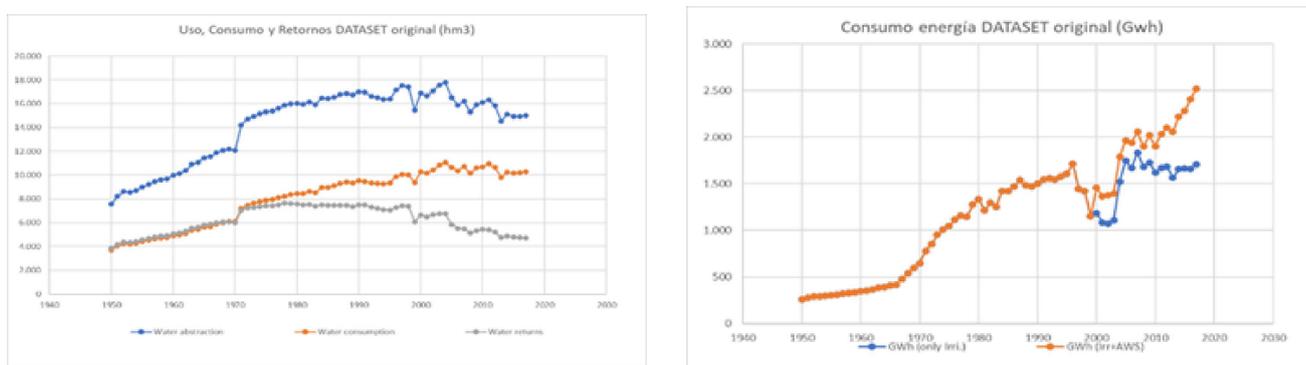
Parámetro	a) DATASEToriginal	b) DATASETmodif
Riego por Superficie, Uso m³/ha	6.900 (1950-1998)	7.000 (1950-2017)
Riego por Aspersión, Uso m³/ha	4.400 (1950-1998)	6.000 (1950-2017)
Riego por Goteo Uso, m³/ha	2.800 (1950-1998)	3.500 (1950-2017)
Eficacia aplicación Superficie	0,6	0,6
Eficacia aplicación Aspersión	0,8	0,8
Eficacia aplicación Goteo	0,9	0,9
Eficacia transporte no modernizado	0,9	0,9
Eficacia distribución no modernizado	0,9	0,9
Eficacia transporte modernizado	0,9	0,92
Eficacia distribución modernizado	0,9	0,97
Eficacia Aplicación Agua subterráneas	<u>Ef. media supf.</u>	0,85
Presión E. Bombeo Goteo (m)	12	46
Presión E. Bombeo Aspersión (m)	37	60

[6] La información que ofrece el del INE, no es fruto de medidas independientes, sino resultado de las contestaciones a una encuesta que a las propias CCRR (a una muestra representativa, interpolada al resto), que posibilita además introducir “pérdidas aproximadas”. Respuestas sin auditar, ni contrastar (ni aleatoria ni sistemáticamente) con medidas de un agente independiente, ni de las autoridades de cuenca.

En la Figura 1 se observa que en el intervalo 1999-2003 las cifras difieren notablemente de los valores de años posteriores, a partir de 2003. En este primer subperiodo 1998-2003 los valores de consumo por ha mediante aspersión y goteo parecen poco realistas mientras que los de riego por superficie están más cercanos a los encontrados usualmente en cultivos extensivos de interior. A partir de 2003 se da una inexplicable convergencia, que termina en un valor de uso de agua/ha en riego por aspersión casi igual al de riego por superficie (4.950 hm^3), y en un invariable uso medio de agua en el goteo (3.200 hm^3). Al promediar los datos de uso de agua por tipo de riego en todo el periodo 1999-2017, se llega a los valores empleados en el *DATASET original* ofrecido en (Espinosa, Berbel y Gutiérrez, 2020), que se muestran en la Tabla 1 a).

Bajo tales hipótesis de uso de agua, las estimaciones de uso, consumo y retornos de agua y consumo de energía eléctrica en el regadío (desglosando los términos de desalación del resto) para el periodo 1950-2017, se expresan en las gráficas de la Figura 2, equivalentes a las reflejadas en el artículo original (Espinosa, Berbel y Gutiérrez, 2020):

Figura 2. Evolución estimada desde 1950 a 2017 en el regadío: a) Uso (abstracción), consumo y retornos de agua, b) Consumo de energía eléctrica solo en riego (only irr), y en riego más desalación (Irr + AWS).



Fuente DATASET original de (Espinosa, Berbel y Gutiérrez, 2020).

Se destaca que en la Figura 2.a: (i) Aparece un descenso de uso de agua en el regadío coherente con el despliegue de los procesos de modernización en el año 2000, que se estabiliza en los últimos años en los 15.000 hm^3 , aunque los datos (MITECO 2017) anotan una demanda 25.000 hm^3 en 2014-2017. (ii) Sin embargo, el consumo de agua estimado en el periodo 2.000-2017 se queda congelado en torno a los 10.300 hm^3 ; y ello, a pesar de que en dicho periodo se ha incrementado la superficie de regadío en unas 300.000 ha,[7] y la mayor parte de las modernizaciones han supuesto una

[7] En gran parte en cultivos de baja dotación, o leñosos que conforme alcanza a su madurez incrementan su consumo.

Incongruentes resultan las estimaciones de la evolución del consumo de energía eléctrica (ver Figura 2.b), ya que presentan: (i) Un pronunciado e irreal descenso del consumo de energía para el riego en el periodo 1998-2004. (ii) Una también inverosímil estabilización[8], incluso ligero descenso a partir de 2004, del consumo de energía eléctrica (excluida la desalinización, AWS), a pesar de que los intensivos programas de modernización integral, que comienzan sobre el año 2000, continuaron con intensidad hasta por lo menos 2012, con un indiscutible e importante incremento de consumo de energía eléctrica en las múltiples estaciones de bombeo puestas en marcha.

Una sencilla revisión de las hipótesis y parámetros tomados en el “DATASET original” identifica la causa de estas distorsiones en (Espinosa, Berbel y Gutiérrez; 2020): la adopción de valores de uso de agua, según nuestro criterio, relativamente reducidos; y el cálculo del consumo energético de la presurización adoptando una presión media de 1,2 bar en riego localizado, y 3,7 bar en aspersión, incluyendo las pérdidas de carga (Tabla 1.a), cuando ni siquiera en sistemas aislados de pequeños agricultores encontramos alturas de bombeo tan reducidas, habida cuenta que las presiones nominales de diseño más habituales, justo antes del gotero y aspersor, suelen rondar los 1,3 bar y 3,5 bar respectivamente.

Por tanto, parece no considerarse en el DATASET original que los extensos procesos de modernización ejecutados a partir del año 2000, clave en la valoración de los costes energéticos, han tenido lugar preponderantemente mediante modernizaciones integrales, donde se presuriza también la red de distribución. Esto implica pérdidas de carga en hidrante, de al menos 0,5 bar y al menos otros 0,5 bar en filtros de riego y automatismos (también presentes cuando el origen es subterráneo). A todo ello hay que sumar las pérdidas en la red de distribución colectiva, y en la propia estación de bombeo nada despreciables. Las presiones que vemos en la práctica de la ingeniería de las estaciones de bombeo para presurizar aguas superficiales, en zonas de orografía no muy abrupta, son del orden 4,5 bar en goteo y en aspersión 5,5 a 6,5 bar[9].

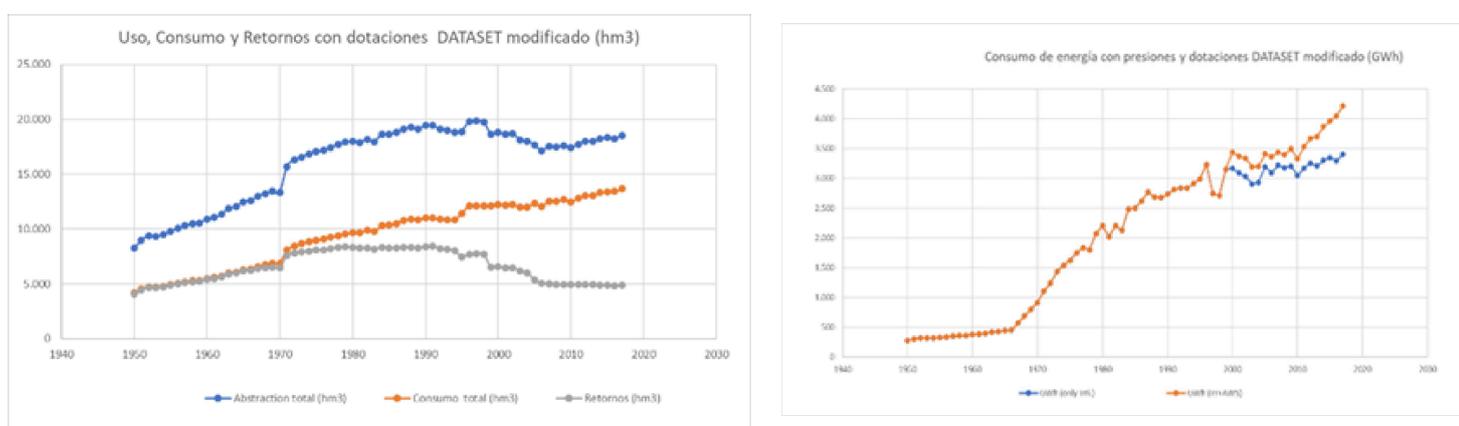
[8] En 2017 este consumo que obtiene el DATASET original es similar a los 1.700 GWh de 1.996

[9] Ciertamente, no todos los regadíos presurizados, ni todas las modernizaciones integrales, han requerido bombeo, ya que una parte de ellos se han presurizado con “presión natural” (por desnivel), pero, por otra parte, cuando el origen del agua es superficial, el DATASET original solo se considera un valor de 5 mca adicional respecto a los valores de la Tabla 1.a) para las elevaciones (desde la fuente hasta el bombeo) que se dan en un número no despreciable de los regadíos creados en los últimos 30 años con aguas superficiales, solo posibles mediante elevaciones a mesetas de 50, 80 o más metros de desnivel respecto a la captación.

3. Resultados y conclusiones

Nuestra modificación del modelo, al reconsiderar los valores contenidos en el *DATASET original* respecto uso de agua por ha, según el tipo de riego (y aplicarlos para todo el periodo 1950-2017), y al corregir las presiones de las estaciones de bombeo, según los nuevos valores de la Tabla 1.b, (junto con alguna precisión menor que discrimina entre aguas subterráneas y superficiales), pero manteniendo idénticos todos los demás parámetros e hipótesis, conduce a la obtención del *DATASET modificado*, cuyos resultados sintéticos se muestran en la Figura 3.

Figura 3. Gráficas de la Figura 2, actualizadas según el DATASET modificado, incorpora los valores y criterios de la Tabla 1



Se observa ahora que el uso de agua, inicialmente ascendente, a partir del año 2.000 desciende también rápidamente hasta 2006, para después comenzar a incrementarse. Esto sería coherente con los procesos de ampliación de superficies e intensificación de cultivos realizados después de consolidadas las primeras modernizaciones. El uso máximo alcanza los 19.900 hm³ y es de 18.500 hm³ en 2017. Este valor es menor a los 25.000 hm³ (MITECO, 2017), pero superior a los 15.000 hm³ de las encuestas del INE. El consumo de agua, que se encontraba estabilizado desde mediados de los 90, comienza a crecer continuamente a partir de 2004, paralelamente a la puesta en marcha de los primeros sectores modernizados, alcanzando los 13.700 hm³. Esto es consistente con la tesis de que se ha producido un importante efecto rebote[10] a causa de la modernización.

[10] Del orden del 12% respecto a la estimación del consumo en 2000 por el DATASET modificado, y siendo el consumo evaluado en 2017 por el DATASET modificado un 30% mayor que la estimación hallada en el DATASET original.

En relación con la realidad del uso y consumo de agua, la mejor estimación que probablemente ofrece la Figura 3.a) respecto a Figura 2.a), se puede comprobar indirectamente, al evaluar el correspondiente efecto al alza en el consumo de energía. Con el *DATASET modificado*, el bache que surge entre 1998-2004 en la Figura 2.b) prácticamente desaparece en la Figura 3.b) al adoptar los nuevos valores de uso de agua de la Tabla 1.b, incluso sin contemplar la modificación de las presiones de bombeo. El consumo de energía alcanza 4.200 GWh en 2017, frente a los 2.500 GWh del *DATASET original*, un valor situado a medio camino de los casi 5.800 GWh en 2007 estimados en (Corominas, 2010). Aun así, es posible que esta estimación *DATASET modificado* se encuentre por debajo de la realidad ya que, en el periodo de modernización intensiva 2000-2017, el incremento de energía en el proceso de irrigación sólo se incrementa en 0,250 GWh (250 MWh); cifra que todavía no parece reflejar los importantes incrementos habidos de consumo eléctrico en las CCRR en este periodo. Por tanto, estos valores mostrados solo pueden ser tomados como una estimación del umbral inferior del consumo de agua y de energía eléctrica ocurridos en la realidad.

Referencias

Corominas, J. (2010): “Agua y energía en el riego en la época de la sostenibilidad”. Ingeniería del Agua, Vol. 17, 2010

FAO, (2017) “Does Improved irrigation save wáter?”<https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/es/c/897549/>).

Grafton, R.Q.; Williams J.; Perry, C.J. Molle, F.; Ringler ,C.; Steduto, P.; Udall ,B.; Wheeler, S.A.; Wang, Y.; Garrick, D.; Allen R.G. (2018): “The paradox of irrigation efficiency: Higher efficiency rarely reduces water consumption” POLICY FORUM 748 24 AUGUST 2018 • VOL 361 ISSUE 6404 FORO DE POLÍTICAS DE AGUA, Siencie, 24 Ago 2018. Vol. 361. <https://DOI:10.1126 / science.aat9314>

Espinosa, J.; Berbel, J.; Gutiérrez, C. (2020):“Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950 2017”. Agricultural Water Management 233. Feb. 2020 <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106073>

Jiménez, T (2017) “Impacto de la Modernización del Regadío sobre la Cantidad y Calidad de los Retonos de Riego” Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. https://digital.csic.es/bitstream/10261/158924/1/JimenezMT_TD_2017.pdf

(MITECO, (2017) “Informe de seguimiento de Planes Hidrológicos y Recursos Hídricos en España. Año 2017” https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/memoria_infoseg_2017_tcm30-522559.pdf

Pérez-Blanco, C.D. ; Loch, A.; Ward, F.; Chris Perry C. and Adamson, D.. (2021): “Agricultural water saving through technologies: a zombie idea”, Environ. Res. Lett. 16 (2021) 114032 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac2fe0>

Ruiz-Rodríguez, Martín: “Evaluación de los efectos de la modernización del regadío mediante modelos agro-hidrológicos en los sectores 23 y 24 de la Acequia Real de Júcar. T.M. Algemesí (Valencia)” Proyecto Fin de Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia (2017)

Tribunal de Cuentas Unión Europea (2021) “Informe Especial. Uso sostenible del agua en la agricultura: probablemente, los fondos de la PAC favorecen un consumo de agua mayor”.<https://www.eca.europa.eu/es/Pages/DocItem.aspx?did=59355>

WWF (2015): Modernización de Regadíos: Un mal negocio para la naturaleza y la sociedad. http://awsassets.wwf.es/downloads/modernizacion_regadios.pdf

Thoreson, B.; Lal, D.; Clark B. (2013). “Drip irrigation impacts on evapotranspiration rates in California’s San Joaquin Valley” USCID Seventh International Conference on Irrigation and Drainage. Conference: USCID Seventh International Conference on Irrigation and Drainage. Phoenix, AZ, USA