

[ GESTIÓN HÍDRICA ]

## El agua virtual y la redistribución del agua de riego en la demarcación del Guadalquivir

**Pilar Montesinos**

**Emilio Camacho**

**Blanca Campos**

ETSIAM, Universidad de Córdoba

Se denomina “Agua Virtual” a la cantidad de agua necesaria para la obtención de cualquier producto (natural o artificial) o realización de un servicio (Allan, 1997). Este concepto, aunque de aplicación general, se utiliza normalmente en relación con el agua requerida en la producción agrícola y por tanto de alimentos (Chapagain *et al.*, 2006; Yang y Zehnder, 2007), al ser la agricultura de regadío el principal consumidor de agua tanto a escala mundial como a escala nacional o regional en el caso de España y en concreto de la demarcación del Guadalquivir.



### La importancia del agua virtual en los países áridos

El agua virtual surge con el propósito de lograr la seguridad alimentaria en países áridos mediante la importación de productos agrícolas demandantes de agua y reservar los recursos hídricos propios para usos más prioritarios como el abastecimiento de la población. De este modo los mercados internacionales de productos agrícolas se convierten en una vía de transvase de agua virtual (no física) movilizándolo, mediante importación-exportación de productos agrícolas, el volumen de agua necesario para su obtención. A escala mundial el 90% de las transferencias de agua virtual están asociadas a productos agrícolas (67% cultivos y 23% ganado y productos ganaderos), mientras que el 10% restante corresponde a productos industriales (Hoekstra y Hung, 2003). Países como Israel o Jordania siguen políticas encamina-

das a reducir e incluso abandonar las producciones de cultivos con altos requerimientos en agua, reemplazándolos por cultivos de menores necesidades y aumentando en contrapartida, la importación de cultivos con alta demanda hídrica.

Uno de los mayores inconvenientes de las transferencias de agua virtual vía productos alimentarios, es por una parte, que el país afectado tenga un nivel económico suficiente como para comprar los productos, y por otra la posibilidad que se establezcan relaciones de dependencia entre los países importadores de agua y los exportadores, con un alto riesgo de pérdida de soberanía alimentaria.

### Gestión del agua disponible en la demarcación del Guadalquivir

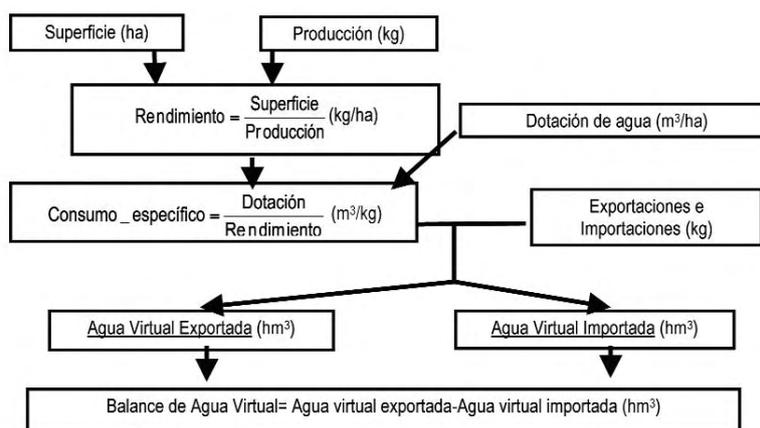
Las características socioeconómicas de cada país son determinantes en sus flujos de agua virtual. De ahí la importancia de realizar estudios a

escalas territoriales pequeñas (país o región) para poder incorporar el concepto de agua virtual a la gestión hídrica local (Velázquez, 2007). En el caso de la demarcación del Guadalquivir la cuestión no es mantener la seguridad alimentaria mediante la importación masiva de productos agrícolas y aliviar así la presión sobre los recursos hídricos locales, ya que a pesar de las restricciones de riego que se vienen imponiendo por la falta de recursos para satisfacer la demanda y la mejora considerable de la eficiencia en la distribución y aplicación del agua, la superficie de regadío sigue en aumento, evolucionando por encima de sus posibilidades, sin garantizar el agua al regante, y llevando a cerca de 1.000 hm<sup>3</sup> el desfase entre recursos disponibles y demanda, si se consideraran las necesidades teóricas de riego.

El objetivo es conseguir una gestión más racional y eficiente del agua de riego, teniendo en cuenta que el regadío es el sector que más presiona los recursos hídricos regulados de la demarcación (demanda más del 80% de los recursos disponibles). Para ello resulta imprescindible cuantificar, con la mayor exactitud posible, los volúmenes de agua importados y exportados mediante la producción agrícola de regadío y complementar la información del balance hídrico de la demarcación. El análisis de los intercambios de agua virtual se han realizado por cultivo a escala de sistema de explotación (unidad de gestión hidrológica) agregándose posteriormente a escala de cuenca.

### Gráfico 1:

Estimación del balance de agua virtual de un cultivo



El objetivo es conseguir una gestión más racional y eficiente del agua de riego, teniendo en cuenta que el regadío es el sector que más presiona los recursos hídricos regulados de la demarcación del Guadalquivir.

mo específico, bien por la cantidad exportada o bien importada de cada cultivo, permite obtener los volúmenes de agua virtual exportada e importada, respectivamente, y obtener el balance de agua virtual como se describe en el **Gráfico 1**.

El volumen de agua virtual importada es un estimador del agua que

habría sido necesario emplear en caso de que el cultivo en cuestión se hubiera producido en la zona importadora. En caso de cultivos que puedan producirse tanto en secano como en regadío, se ha supuesto que todos los cultivos importados, de haberse producido en la demarcación del Guadalquivir lo habrían hecho en regadío. Respecto al agua virtual exportada, sólo se ha considerado el agua de riego aportada a cada cultivo, de la explotación de recursos hídricos (asumiéndose como poco significativos los aportes por precipitación natural).

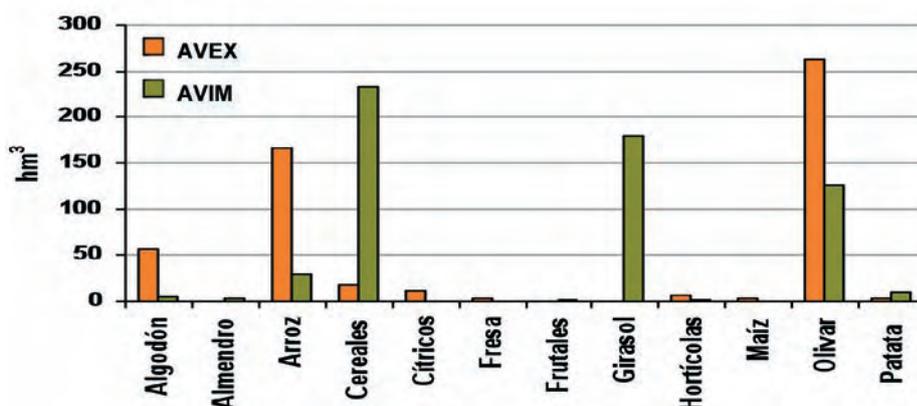
Determinados los volúmenes de agua virtual importada y exportada por cada cultivo en cada sistema de explotación, se agregan para obtener tanto los balances de agua virtual por cultivo como global a escala de de-

### Estimación del balance de agua virtual de un territorio

La cantidad de agua empleada en la producción de cada cultivo depende, en primer lugar, de la superficie cultivada y de la producción obtenida. El cociente de ambas variables determina el rendimiento de cada cultivo. El cociente entre la dotación de agua recibida por cada cultivo y su rendimiento permite calcular el consumo específico por cultivo, es decir, la cantidad de agua que por término medio se estima que se ha utilizado en la obtención de una unidad de masa de órgano cosechado. El producto del consu-

### Gráfico 2:

Agua virtual exportada AVEX, Agua Virtual Importada AVIM



marcación, indicando el balance positivo que la exportación de agua supera a la importación y el balance negativo lo contrario.

El balance obtenido es representativo de un cierto periodo de tiempo, normalmente un año hidrológico o agrícola, con resultados variables según el periodo elegido. La pluviometría de cada año y la cantidad de agua almacenada en embalses y acuíferos determinan el volumen de agua asignable al regadío, teniendo en cuenta las demandas de otros usos prioritarios a la agricultura, y afectan, a través de la variable dotación, a la estimación interanual de los intercambios de agua virtual.

## Aplicación a la demarcación hidrográfica del Guadalquivir en la campaña 2003-2004

Se ha estimado el balance de agua virtual de los cultivos de regadío de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir para la campaña de riego 2003-2004, periodo del que se dispone de información hidrológica, agrícola y comercial. Los datos de los cultivos de regadío (superficies, necesidades de riego, origen del agua, etc.) se han tomado de la actualización del inventario de regadíos a 2004 a escala de sistema de explotación (Aquavir: Aguas de la cuenca del Guadalquivir, 2005). Por otra parte, los datos de las producciones y rendimientos de los cultivos de rega-

dío se han tomado del Anuario de Estadística Agraria y Pesquera a escala provincial (Consejería de Agricultura y Pesca, 2005), lo que ha requerido la transformación de los datos a escala de sistema de explotación, y finalmente, la estimación de los recursos hídricos detraídos del sistema de explotación de recursos hídricos con fines de riego, se ha realizado a partir de la información que proporcionada por Feragua (Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía).

Se han excluido del presente análisis algunos cultivos (alfalfa, forrajeras, leguminosas, tabaco y remolacha) por falta de información comercial y por su escasa influencia en el reparto de agua. Por este motivo, la superficie de regadío total considerada es de 676.285 ha, algo inferior a las 714.015 ha contabilizadas oficialmente, con la consiguiente modificación del volumen total de agua asignada para regadío, resultando un total de 1755,73 hm<sup>3</sup>. Esta información se recoge en la **Tabla 1** junto con los valores promedio por cultivo de las variables empleadas en la estimación del balance de agua virtual (Campos, 2008).

En la tabla se observa el predominio territorial del olivar, que ocupa casi la mitad de la superficie de riego, seguido del algodón, los cereales y el maíz, en orden de importancia. Hortícolas, fresa, patata y cítricos son los cultivos con mayores rendimientos, consecuencia de las elevadas producciones obtenidas en una superficie que ape-



nas alcanza el 15% del regadío. Respecto al volumen de agua asignado a cada cultivo, destaca el olivar, que recibe poco más del 30% de los recursos, pese a ser un cultivo típico de secano pero que ocupa casi el 50% del área regada, en orden de importancia le siguen el algodón, que ocupando un 11% de superficie recibe el 18% de los recursos destinados al riego y el arroz, que recibe el 14% de los recursos destinados al regadío a pesar de su pequeño peso superficial (5%).

## VARIABLES A TENER EN CUENTA

La dotación es la variable que combina asignación de agua con la superficie, lo que representa un primer índice de eficiencia hídrica de cada cultivo. Los valores mayores de la tabla anterior corresponden al arroz, maíz y algodón, cultivos típicos de regadío. Por el contrario, las menores dotaciones corresponden a cereales, almendro y olivar, cultivos originariamente de secano, que se han transformado parcialmente en regadío para incrementar su productividad.

El índice clave para evaluar la productividad hídrica de cada cultivo es el consumo específico, como cociente entre las dotaciones hídricas y los rendimientos de cada cultivo. Es un estimador de la cantidad de recurso agua que hay que aportar desde las fuentes de suministro para producir una unidad de masa de órgano cosechable. Los valores recogidos en la **Tabla 1** son un promedio por cultivo a escala de demarcación, pero cuando se analizan a escala de sistema de

**Tabla 1:**

**Valores promedio por cultivo de las variables que intervienen en el cálculo del balance de agua virtual**

Cultivo	Superficie (ha)	% Sup.	Rendimiento (kg/ha)	Asignación (hm <sup>3</sup> )	% Asig.	Dotación (m <sup>3</sup> /ha)	Consumo específico (m <sup>3</sup> /kg)
Algodón	74.500	11,0	4.065	319,93	18,0	4.294	1,04
Almendro	5.752	0,9	447	10,74	0,6	1.873	3,88
Arroz	36.078	5,3	8.634	252,07	14,3	6.986	0,81
Cereales	55.851	8,3	4.032	101,38	6,0	1.815	0,43
Cítricos	20.038	3,0	23.699	49,08	3,0	2.448	0,11
Fresa	2.285	0,3	46.600	5,47	0,3	2.321	0,05
Frutales	15.706	2,3	10.338	31,96	1,8	2.041	0,13
Girasol	18.033	2,7	1.770	42,48	2,4	2.353	1,23
Hortícolas	44.520	6,6	34.663	138,37	7,9	3.109	0,12
Maíz	44.935	6,7	11.066	198,84	11,3	4.423	0,38
Olivar	322.257	47,7	4.355	557,97	31,7	1.732	0,39
Patata	36.330	5,4	26.391	47,44	2,7	2.771	0,27
<b>Total</b>	<b>676.285</b>			<b>1755.73</b>			



explotación, se pone de manifiesto la influencia que los sistemas de transporte y aplicación del agua junto con las características edáficas locales y de manejo del cultivo tienen sobre la demanda de riego. Según los valores recogidos en la tabla, almendro, girasol y algodón son los cultivos con menor productividad hídrica, al contrario que hortícolas y cítricos.

Los datos de exportación/importación de productos agrarios se han tomado de la base de datos de la Cámara de Comercio a escala provincial, considerando que las exportaciones e importaciones realizadas en cada provincia incluida en un sistema de explotación son proporcionales a la superficie de regadío destinada a cada cultivo. Las exportaciones e importaciones totales estimadas para cada sistema de explotación son la suma de las estimadas en cada una de las provincias que lo componen. La estimación del porcentaje de regadío en los cultivos exportados, producidos en secano y regadío, se ha realizado a partir de los rendimientos medios de los cultivos y las superficies de regadío frente a la producción total.

### [ Balance de agua virtual por cultivos

En el **Gráfico 3** se presenta la balanza de agua virtual por cultivos. La demarcación del Guadalquivir exporta mediante productos agrícolas un total de 532 hm<sup>3</sup> lo que supone aproximadamente el 30% de los recursos asignados. Cerca del 49% de este volumen es consecuencia de la exporta-

ción del cultivo del olivo (aceite y encurtidos), suponiendo las exportaciones de arroz en torno al 31% y las de algodón el 11% del volumen de agua virtual exportado. Por otra parte la entrada de agua virtual alcanza los 586 hm<sup>3</sup> realizándose, principalmente, a través de cereales (40% del agua virtual entrante), girasol (30%) y olivar (21%).

El **Gráfico 3** muestra el balance de agua virtual por cultivo a escala de demarcación, como diferencia entre el agua virtual exportada e importada por cultivo. Los cultivos con balance positivo de agua virtual son los típicos de regadío (arroz y algodón) y el olivar, consecuencia de su extensión superficial. Por otra parte los cultivos con balance negativo, al ser mayoritariamente importados, son cereales y girasol. Agregando valores a escala de demarcación, el balance de agua virtual resulta negativo (-54 hm<sup>3</sup>) para un año sin restricciones de riego. En años secos es probable que el balance resulte más negativo por aumento de las importaciones de los cultivos habituales (cereales y girasol) y de los que se exportan habitualmente como arroz y algodón, para mantener el consumo interno. Además, en esas circunstancias, es probable una disminución de la exportación de agua virtual ligada al olivar y a la reducción superficial de arroz y algodón como consecuencia de las restricciones de riego.

### [ Análisis de resultados

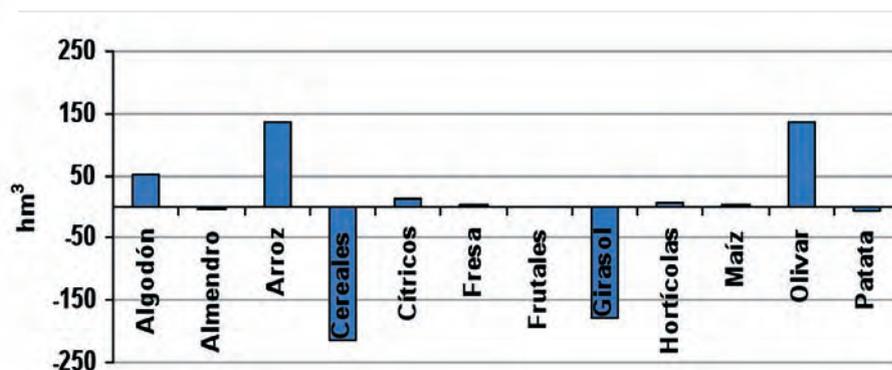
Del análisis de las transferencias de agua virtual se deduce, que aunque la demarcación del Guadalquivir sea importadora de agua virtual de culti-

vos de regadío, pues exporta sólo el 30% del volumen de agua asignado al riego, sus recursos hídricos están muy presionados por la demanda agrícola. Las exportaciones de olivar suponen el 45 % de los traspasos de agua virtual a territorios extranacionales. Desde los años ochenta, la PAC ha favorecido la expansión del olivar en regadío con el consiguiente incremento de la presión sobre los recursos hídricos de la demarcación, ocupando casi el 50% de las tierras regadas con las correspondientes implicaciones socioeconómicas. Los otros cultivos exportadores de agua son el arroz y el algodón, cultivos típicos de riego, que transfieren 31% y 11%, respectivamente, del volumen de agua virtual exportada. Se localizan en zonas poco adecuadas para otros cultivos lo que dificulta su sustitución. El mercado y la PAC son los factores que van a condicionar el futuro de estos cultivos, siendo probable una reducción de las superficies destinadas a los mismos.

En años semejantes al estudiado, sin restricciones de riego, y siempre que no aumente la superficie de riego, el balance exportación-importación de agua virtual de regadío está casi en equilibrio hídrico. Pero la frecuencia de años secos conlleva la siguiente pregunta: ¿sería posible disminuir la exportación y aumentar la importación de agua de la demarcación para liberar parte de los recursos destinados al regadío teniendo en cuenta las posibles repercusiones socioeconómicas?

Para intentar responder esta cuestión, la variable clave es el consumo específico, pues permite estimar el volumen de agua virtual asociada a

**Gráfico 3:**  
Balance de agua virtual por cultivos en la DHG



cada cultivo, considerando simultáneamente aspectos socioeconómicos e hídricos, y puede servir de guía para establecer la distribución óptima de cultivos y diseñar las estrategias comerciales de los productos agrícolas, que permitan una disminución del volumen de agua destinado a la producción agrícola tanto para consumo interno como para exportación. Desde el punto de vista hídrico sería conveniente potenciar la exportación de los cultivos con bajos consumos específicos e importar aquellos de alto consumo específico, de modo que el balance de agua virtual resultante sea netamente importador. Así, parte de la demanda de productos agrícolas se satisface mediante un “trasvase hídrico comercial”, sin utilizar recursos locales, que según las circunstancias hidrológicas podrían almacenarse total o parcialmente. En la demarcación del Guadalquivir supondría una redistribución de los cultivos con mayor impacto hídrico (olivar, arroz y algodón), de forma que parte del volumen “ahorrado” se almacene anualmente con el fin de disminuir el impacto negativo de los años secos tanto en la economía como en la calidad ambiental de la demarcación y otra parte se destine, bien a la producción de cultivos como los cítricos, por ejemplo, con alta productividad hídrica (bajo consumo específico) y alto valor económico (según mercado), bien a mantener los caudales ambientales y a otros usos (usos urba-

La gestión del agua de riego en esta demarcación está ligada al control de la superficie regada de olivar, que ha crecido de forma exponencial en los últimos 10 años y que no debe aumentar

nos, recreativos e incluso mercados de agua).

Teniendo en cuenta que más del 45% del agua virtual exportada y el 24% del agua virtual para consumo nacional, proviene del cultivo del olivar de regadío, la gestión del agua de riego en esta demarcación está ligada al control de la superficie regada de olivar, que ha crecido de forma exponencial en los últimos 10 años y que no debe aumentar. Dada la importancia económica de este cultivo en la zona es difícil plantear su reducción aunque, al ser un cultivo originariamente de secano, sería conveniente estimar cual es la superficie óptima de olivar en secano y en regadío (distinguiendo entre olivares tradicionales, intensivos y superintensivos), que maximice el beneficio económico interanual.

Este trabajo es un primer intento de análisis de una realidad compleja y en el que la obtención y elaboración de datos en diferentes escalas espaciales conlleva realizar aproximaciones que pueden desviarse de la reali-

dad. El estudio debe ampliarse incorporando la agricultura de secano para evaluar así el balance global exportación/importación de agua virtual agrícola (secano y regadío). Asimismo sería necesario analizar distintos escenarios de disponibilidad de agua de riego (años secos, húmedos y cambio climático) y aspectos relativos a los mercados y la PAC, pues condicionan en gran medida las opciones de los agricultores.

## [Bibliografía]

Allan, T., (1997). ‘Virtual water’: A long term solution for water short Middle Eastern economies? Occasional Paper 3, School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London.

AQUAVIR, (2005). Informe Final: Superficie de los Cultivos y sus Necesidades de Riego en la Demarcación de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. [www.ch-guadalquivir.es](http://www.ch-guadalquivir.es)

Campos, B., (2008). Estimación del agua virtual en el regadío de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM-UCO.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A. Y. and Savenije, H. G. (2006) Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 455–468.

Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, (2005). Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía. [www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)

Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., (2003). Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Virtual water trade. Procc. of the International Expert Meeting on Virtual water Trade. Value of Water Research Report Series*, vol. 12. IHE, Delft, Holanda.

Velázquez E., (2007). Water trade in Andalucía. *Virtual water: An alternative way to manage water use. Ecological Economics* 63: 201–208

Yang, H. and Zehnder, A. (2007) “Virtual Water”: An unfolding concept in integrated water resources management. *Water Resour. Res.*, 43, W12301. •

