

LA ECOLOGÍA POLÍTICA DEL AGUA VIRTUAL Y HUELLA HÍDRICA. REFLEXIONES SOBRE LA NECESIDAD DE UN ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS INDICADORES DE FLUJOS VIRTUALES DE AGUA EN LA ECONOMÍA¹

María J. Beltrán²

Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

Esther Velázquez³

Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

Resumen

Desde la perspectiva de la economía ecológica, los indicadores físicos de consumo de agua como son el Agua Virtual (AV) y la Huella Hídrica (HH) pueden ser utilizados para visibilizar los conflictos ecológicos distributivos que provoca el metabolismo social de la economía. En este trabajo mostramos que aunque el AV y la HH visibilizan el "origen material- hídrico" de dichos conflictos, a la vez abstraen el recurso agua de su contexto material y en consecuencia, ignoran como afectan a la gestión de los recursos hídricos las relaciones de poder. Es por ello que argumentamos que los análisis de flujos de AV deben ser complementados con el análisis de los procesos institucionales, políticos y sociales que coexisten y condicionan esos flujos y que aporta el enfoque de la ecología política. En este trabajo ponemos de manifiesto que se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de la metodología y a la difusión del concepto, pero muy poco al análisis de las relaciones de poder que condicionan y coexisten con esos flujos. Esto cuestiona el uso de estos indicadores a la hora de dar información relevante para la aplicación de políticas de agua y comercio.

Palabras clave: *agua virtual, huella hídrica, economía ecológica, ecología política.*

Abstract

From the perspective of Ecological Economics, virtual water and water footprint can be used to shed light on the ecological distributional conflicts caused by social metabolism of the economy. We show that virtual water flows make visible the material of these conflicts, while virtual water model abstracts water from the material context of its use and consequently ignores how water resources management are affected by power relations. We argue that the analysis of virtual water flows should be complemented with the analysis of institutional, political and social processes that both coexist and affect them using the political ecology approach. We show that great effort has been devoted to the development of the methodology while very little attention has been paid to the analysis of the power relations that coexist and condition with these flows, thus pointed to the contradictions generated by these indicators when it comes to providing relevant information for the implementation of water and trade policies.

Keywords: *virtual water, water footprint, ecological economics, political ecology.*

¹ Una versión extensa y detallada de los resultados de este trabajo se puede encontrar en el artículo Beltrán, M.J. & Velázquez, E (forthcoming) The political Ecology of Virtual Water in southern Spain. International Journal of Urban and Regional Research.

² mjbeltran@upo.es

³ evelalo@upo.es

INTRODUCCIÓN

El agua virtual (Allan, 1993) y la huella hídrica (Hoekstra, 2003) son dos indicadores que suponen un avance en la consideración de los sistemas económicos como sistemas abiertos que intercambian flujos con los demás sistemas. Este trabajo, partiendo de una exhaustiva revisión bibliográfica, pone de manifiesto el importante desarrollo metodológico y la significativa difusión de los conceptos de agua virtual (AV) y huella hídrica (HH), así como las críticas que han recibido estos indicadores cuando se utilizan para la toma de decisiones sobre política de agua y comercio. Desde la perspectiva de la economía ecológica (EE), estas estimaciones biofísicas pueden ser utilizadas para visibilizar los conflictos ecológicos distributivos que provoca el metabolismo social de la economía (Martínez Alier *et al.*, 2010). En este trabajo mostramos que aunque el AV y la HH visibilizan el "origen material- hídrico" de los conflictos causados por el metabolismo social, a la vez abstraen el recurso agua de su contexto material y en consecuencia, ignoran como afectan a la gestión de los recursos hídricos cuestiones como el trabajo y las relaciones de poder. Para contribuir a avanzar en la crítica metodológica y normativa que aporta la EE proponemos, en la línea de Kallis *et al.* (2013) combinar esta perspectiva con la de la ecología política (EP). La EP estudia las relaciones de poder que originan los conflictos ecológicos distributivos y nos propone contextualizar el conocimiento ambiental (Forsyth, 2003). Es por ello que argumentamos que las estimaciones biofísicas (en este caso flujos de AV) desde la perspectiva de la EE deben ser complementadas con el análisis de los procesos institucionales, políticos y sociales que coexisten y condicionan esos flujos que aporta el enfoque de la EP.

El artículo se estructura de la siguiente forma. Tras esta introducción, se presenta el marco teórico en el que se basa esta investigación, que explora las relaciones entre economía ecológica y ecología política. En segundo lugar, presentamos los indicadores de AV, HH y los conceptos asociados, así como de forma breve las metodologías existentes y las principales aplicaciones realizadas. En tercer lugar, examinamos como se han difundido los conceptos de AV y HH y las principales críticas que han recibido estos conceptos. En cuarto lugar presentamos las principales reflexiones y conclusiones derivadas de la investigación.

RELACIONES ENTRE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA Y LA ECOLOGÍA POLÍTICA

El enfoque que propone la economía ecológica supone una alternativa al entendimiento del sistema económico como un sistema cerrado en el que los flujos monetarios son los indicadores por excelencia. Así, frente a las visiones optimistas sobre la modernización tecnológica y desmaterialización de la economía, la economía ecológica adopta una perspectiva socio-metabólica (Carpintero, 2005). Esto significa entender que el sistema económico es un sistema abierto interrelacionado con los demás sistemas que componen la realidad (Kapp, 1976), en el que la cuantificación de los flujos físicos refleja el aumento de entradas de energía y materiales que alimentan el metabolismo social y el subsecuente aumento de los residuos. Asimismo, los recursos necesarios para el metabolismo social son extraídos con un coste social y ambiental muy alto, provocando conflictos ecológicos distributivos (Martínez Alier, 2005). El estudio del contexto en el que se desarrolla el metabolismo social pone de manifiesto estos conflictos reconociendo que los procesos naturales no operan de forma independiente de los procesos sociales. En este sentido, la ecología política ofrece las bases teóricas para la contextualización y politización del conocimiento ambiental. Martínez Alier *et al.* (2010) plantean que el estudio de los flujos físicos que aporta la economía ecológica, visualizando el "origen material" de los conflictos que provoca el metabolismo social, debe ser combinado con el análisis contextualizado de las relaciones de poder que es el objeto de estudio de la ecología política. Kallis *et al.* (2013, 100) afirman que "sin el aporte teórico en los aspectos políticos y sociales que aporta la EP, la EE contribuye únicamente con una crítica a nivel metodológico y normativo, sin ir más allá". En este sentido es importante señalar que los creadores del concepto de agua virtual (Allan, 1993) y la huella hídrica (Hoekstra, 2003) no parten necesariamente desde el enfoque de la EE, sino desde otros campos científicos como la geografía y la ingeniería. No obstante, destacados economistas ecológicos tales como Martínez Alier (2005) y Martínez Alier *et al.* (2010) afirman que el AV representa los flujos ocultos del agua en el

metabolismo - de la misma manera que el Instituto Wuppertal popularizó los flujos ocultos de materiales del metabolismo social - y que los flujos de AV visualizan el "origen material" de los conflictos que provoca el metabolismo social. Asimismo, la revista *Ecological Economics* ha publicado más de 50 artículos sobre análisis de flujos de AV y HH. A diferencia de los economistas ecológicos, los ecologistas políticos aunque reconocen que los datos biofísicos pueden mostrar el origen de los problemas ambientales, se centran en su dimensión política para revelar los conflictos que surgen de los impactos ecológicos (Forsyth, 2003). La EP incide en cómo afecta el poder y las instituciones en los conflictos ecológicos que se generan en torno al acceso y distribución de los recursos naturales. Mediante el análisis de las relaciones de poder que explican quién tiene acceso y control sobre los recursos naturales y quién es excluido de ese acceso y control, la ecología política, además de criticar los enfoques convencionales de estudio de los conflictos ambientales, promueve un programa político para mejorar el contenido democrático de la construcción de los socio-ecosistemas (Robbins, 2004). Y como las condiciones socio-ecológicas se generan y están organizadas a través de la combinación de procesos sociales por un lado (tales como relaciones entre el capital y el trabajo) y procesos metabólicos-ecológicos por otro (Swyngedouw, 2006).

En resumen, aunque la perspectiva crítica de estudio que supone la EE avanza en la cuantificación de los flujos físicos que visibilizan el origen material de los conflictos ecológicos-distributivos, esta propuesta puede llegar a ser políticamente inefectiva (Kallis *et al.*, 2013) si no se integran en el estudio el análisis de los procesos institucionales, políticos y sociales que coexisten y condicionan esos flujos materiales y que aporta la perspectiva de la EP. En este trabajo utilizamos el estudio de los flujos de agua virtual para mostrar este necesario diálogo entre las perspectivas de la EE y la EP. A continuación se presentan los conceptos de AV y HH, así como las principales metodologías y aplicaciones realizadas relevantes para el objetivo de este trabajo.

¿QUÉ ES EL AGUA VIRTUAL? ¿QUÉ ES LA HUELLA HÍDRICA?

Agua Virtual

El concepto de Agua Virtual fue definido por primera vez por el profesor Allan a principios de la década de los noventa (1993) como el agua "contenida" en un producto, entendiendo por tal, no únicamente la cantidad física contenida en el mismo, sino la cantidad de agua que ha sido necesaria utilizar para generar dicho producto. Así definida, el AV se configuraba como indicador físico en términos de agua de la producción de un bien o servicio. La potencialidad del concepto viene de la mano de dos factores: 1) por un lado, el AV nos proporciona información de los requerimientos de agua, no únicamente de los productos agrícolas, sino también del resto de bienes y servicios; esto es, el AV puede aplicarse tanto a bienes y productos agrícolas y ganaderos (así, se puede hablar de la cantidad de agua, en unidades físicas, que hay que utilizar para producir un kilo de trigo o un kilo de carne de ternera), de bienes industriales (cantidad de agua necesaria para producir un coche), incluso para estimar el agua utilizada en la prestación de un servicio (por ejemplo, en el turismo). 2) Por otro lado, el AV alcanza todo su potencial cuando se la relaciona con el comercio, facilitando información de los flujos de AV entre países o regiones. Así, se puede hablar del agua virtual exportada y el agua virtual importada a través del agua "contenida" en los productos comercializados. De esta manera, el AV se va configurando como un indicador que no sólo nos proporciona información sobre los requerimientos de agua de la producción, sino que se podría utilizar para analizar los flujos comerciales en términos de agua.

Huella hídrica

A nuestro entender, hay que reconocerle al profesor Allan la "paternidad" del concepto de Agua Virtual, como así fue reconocido en el año 2008 al recibir el Premio Estocolmo de agua. Por otro lado, hay que reconocerle a Hoekstra (2003) el desarrollo de la metodología que permitió cuantificar el concepto.

Así, en este intento por cuantificar el AV, Hoekstra define un nuevo concepto, la Huella Hídrica (HH) de un país (o individuo) como "el volumen de agua necesaria para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de ese país" y lo define como un "indicador del uso de agua en relación al consumo de la población" (Chapagain y Hoekstra 2004, 11). De esta forma, al concepto de AV, indicador definido desde la perspectiva de la producción de bienes y servicios, se le une un nuevo indicador, la HH, definido desde la perspectiva del consumo por parte de una población determinada de esos bienes y servicios.

Esta diferencia entre el AV y la HH es de interés ya que tenemos dos indicadores definidos desde dos perspectivas diferentes lo que permite identificar los sujetos responsables del consumo de agua, productores o consumidores. Así pues la evidente diferencia entre AV y HH pone de manifiesto un potencial importante a la hora de definir políticas de gestión de agua al permitir determinar los sujetos responsables del consumo de agua (Velázquez *et al.*, 2011).

Conceptos asociados

Asociado a estos conceptos se han definido otros para precisar diferentes tipos de agua contenida en los bienes y servicios producidos o consumidos. Así, se aplica al AV (y a la HH) la conceptualización del agua en función de su procedencia realizada por Savenije (1998), agua azul y agua verde⁴. La primera aplicación de estos conceptos al AV la realizaron Hoekstra y Hung (2003). A la diferenciación realizada sobre los colores del agua se le unió la denominada agua gris para denominar el agua residual contaminada derivada de los procesos de producción y consumo (Hoekstra y Chapagain 2008). Por el momento, la mejor aproximación disponible es la que estima el volumen de agua gris como el volumen de agua que es necesaria para diluir el grado de contaminación del agua empleada.

Aunque en la literatura mencionada se habla de los colores del AV y de la HH, tiene mucho más sentido hablar de los colores del AV que de los colores de la HH, pues es en el proceso de "producción" en el que se utiliza agua de diferentes procedencias; aunque también es cierto que esta diferencia en los colores del agua en la producción se traslada al consumo. No obstante, es el productor, más que el consumidor, el que tiene una mayor responsabilidad sobre el tipo de agua que utiliza pues el consumidor no puede decidir la procedencia del agua utilizada en la producción de los bienes y servicios que consume. Sin embargo, como se deduce de la literatura revisada, los colores del agua se aplican tanto al AV como a la HH.

Hay otra importante diferenciación conceptual realizada por Hoekstra (2003) entre AV teórica y AV real. Ésta relaciona el agua con el comercio para definir el AV, dándole un valor añadido al concepto de requerimientos hídricos. En efecto, por agua real se entiende el agua que ha hecho falta utilizar para generar un bien (o servicio) concreto en una zona geográfica determinada. Por el contrario, el agua teórica es el agua que se habría utilizado en una determinada zona para producir un bien (o servicio) si se produjera en dicha zona, en lugar de importarlo. Hay que resaltar la importancia de ligar la gestión del agua al territorio en este sentido ya que no es lo mismo la cantidad de agua requerida por un bien agrícola o ganadero producido en una zona con limitaciones hídricas que en otra con abundancia del recurso. En este sentido, se pone de manifiesto la relación existente entre AV real & teórica y los colores del agua, explicados anteriormente.

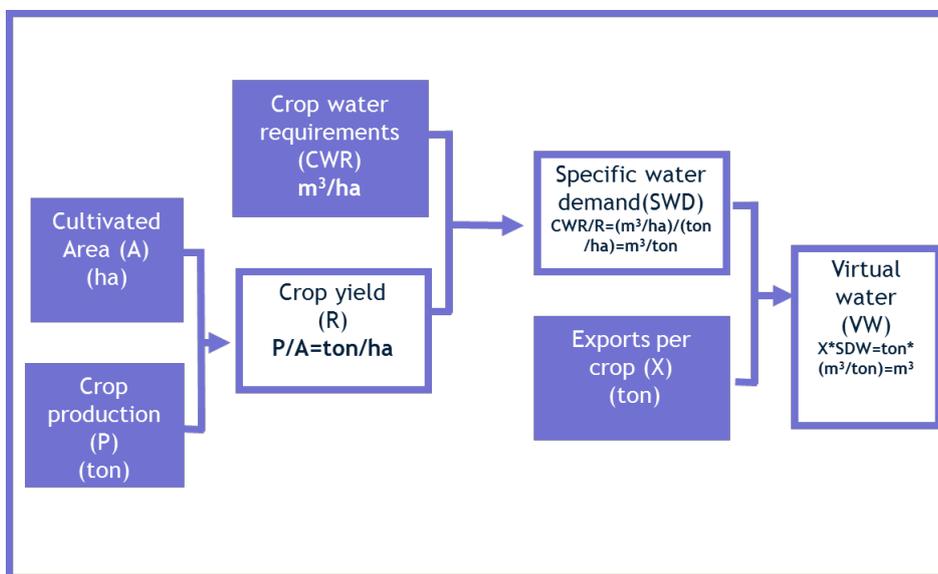
¿Cuáles son las principales metodologías de estimación del agua virtual y la huella hídrica?

El AV se definió como un indicador teórico, mientras que el término HH fue definido a partir de la aproximación metodológica para estimar el AV realizada por Hoekstra y Hung (2003). La metodología desarrollada por estos autores se basa en la demanda específica de agua (SWD, en sus siglas inglesas –

⁴ Se entiende por agua azul el agua de ríos y acuíferos y por agua verde el agua contenida en el suelo.

specific water demand-) y se aplicó inicialmente a productos agrícolas, tanto a nivel internacional, nacional y regional. Según este método, la cantidad de agua empleada en la producción de un determinado cultivo dependerá de los parámetros climáticos, del tipo de suelo y de la especie de cultivo en cuestión. Estos parámetros permiten estimar los requerimientos de agua de cada cultivo (CWR, en sus siglas inglesas –Crop Water Requirement-) –expresado en metros cúbicos por hectáreas⁵. Aquí queda reflejada la importancia de realizar una gestión del agua integrada en el territorio ya que los datos climáticos varían en función de la localización del cultivo y del momento temporal en el que se realiza. Conociendo el rendimiento de cada cultivo –expresado en toneladas por hectárea- se estima la demanda específica de agua de cada cultivo (SWD) –expresada en metros cúbicos por tonelada producida-; multiplicando la SWD por los datos de comercio –expresados en toneladas-, obtendremos finalmente el agua virtual exportada o importada. En la gráfica siguiente se muestra la citada metodología.

Gráfica 1.
Metodología de estimación del Agua Virtual



Fuente: Hoekstra y Hung, 2003

Esta metodología se extendió y se adaptó para estimar flujos de AV asociados al comercio de productos ganaderos. Así, se estima la SWD asociada que ahora es el contenido de agua del animal al final de su vida (teniendo en cuenta el agua virtual contenida en la comida del animal, el agua que bebe y la necesaria para su mantenimiento) multiplicado por el número de animales comercializados y transportados. Estas estimaciones se han ido haciendo cada vez más complejas; así por ejemplo, en el estudio anterior para estimar el AV de la comida del animal se tiene en cuenta, además del agua de riego necesaria para generar el alimento del animal, el agua necesaria para procesarlo.

Además de la metodología basada en la estimación del AV a través del SWD, hay estudios que utilizan metodologías derivadas de otros campos como la Economía o la Geografía. En Velázquez *et al.*, (2011) se

⁵ Para estimar CWR se utilizaba inicialmente el programa CropWat desarrollado por la FAO (http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). Actualmente, la FAO ha desarrollado otro programa más actualizado – AQUACROP- (<http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>). Hay autores (Madrid 2007) que han utilizado datos de CWR estimados previamente con métodos procedentes de la Ingeniería Agrícola y otros (Madrid y Velázquez 2008) que utilizan programas desarrollados expresamente para determinadas regiones (por ejemplo, el programa de riegos desarrollado por la Junta de Andalucía. *Mejora del Uso y Gestión del Agua de Riego. Aplicación Informática para la programación de Riegos*. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Consejería de Agricultura y Pesca, 2007).

incluye una revisión bibliográfica de las principales aplicaciones de estos indicadores.

Desde la Economía, son destacables los trabajos que utilizan los modelos de equilibrio parcial para estimar los requerimientos físicos de agua, incorporando como novedad la consideración de los nutrientes como inputs de la producción (Galloway, 2007). También desde la Economía, destaca la estimación que realizan diferentes autores utilizando un Modelo Input-Output (IO) físico para estimar los flujos de exportación e importación de agua de la economía (Dietzenbacher y Velázquez 2007). Las tablas IO físicas tienen algunas limitaciones derivadas de las propias limitaciones de los modelos Input-Output pero, a pesar de ello, son un potente instrumento para la estimación de flujos de AV sin tener que recurrir a la estimación de SWD, que en muchos casos (y escalas) puede ser problemático. Más limitaciones presentan los estudios que emplean los modelos de equilibrio general para estimar los flujos de AV pero que también han empezado a desarrollarse (Berritella *et al.* 2007).

Por otro lado, desde la Geografía es interesante el trabajo de Islam *et al.* (2007) en el que tienen en cuenta la variable geográfica y la representan en un modelo Grid, si bien recurren a consumos unitarios. Resaltando también la dimensión geográfica, Van Oel *et al.* (2008) proponen un estudio de los impactos que los flujos de AV causan sobre diferentes cuencas hidrográficas desarrollando un modelo GIS de aridez y flujos de exportación de AV.

Como hemos comentado, las diferentes metodologías desarrolladas para estimar los flujos comerciales de AV se han centrado, fundamentalmente, en el sector primario. Dada la dificultad de estimar el requerimiento unitario a una escala global (por el volumen de información que ello requeriría), la metodología empleada hasta el momento se basa en definir un coeficiente relativo de consumo de agua (expresado en $m^3/\text{€}$), multiplicado por el precio de venta de los bienes industriales comercializados. Aunque la forma de estimar los coeficientes puede variar, ya que los coeficientes definidos con tablas input-output suelen ser $m^3/\text{€}$ por unidad de producción, la tónica general es la misma dada la imposibilidad de atribuir un consumo de agua específico a diferentes productos dentro de una misma fábrica, ya que generalmente sólo se conoce el consumo de agua total de la fábrica (Chapagain y Hoekstra, 2008).

Por lo que respecta a la HH, Hoekstra y Chapagain (2008) diferencian dos métodos de estimación de la HH de un país. El primero consiste en estimar el agua contenida en los bienes que consumen los hogares y por agregación llegar a estimar la HH total del país analizado. Esta es la metodología denominada Bottom-Up. Por otro lado proponen la estimación de la HH mediante el análisis del comercio internacional, multiplicando los flujos comerciales por el contenido en agua de los mismos. Esta es la aproximación Top-Down. Esta última es la más utilizada a la hora de estimar la HH pues la metodología Bottom-Up requiere una cantidad de datos que la hacen, al menos hoy por hoy, difícil de llevar a la práctica, como sus propios autores reconocen.

Desde aquella primera aproximación metodológica se ha avanzado en una doble dirección: por un lado, en el desarrollo metodológico; y por otro, en la consideración de las implicaciones políticas, sociales y territoriales que tienen los flujos de agua virtual y su consiguiente contextualización. Los trabajos destacables en este sentido son los de Aldaya y Hoekstra (2010), que estudiando el agua necesaria para la producción de la pasta y pizza que se consume en Italia, hacen un claro avance en la contextualización de los flujos hídricos. El trabajo de Chapagain y Orr (2008) analiza las implicaciones de la HH de Gran Bretaña, al igual que Feng *et al.* (2011). El trabajo de Verma *et al.* (2009), sobre el Programa Nacional de Unión de Ríos en la India plantea el comercio de AV como una alternativa a los trasvases físicos de agua, reincidiendo a su vez en que dichos trasvases físicos van en dirección contraria a los flujos invisibles de comercio de AV que en la actualidad se dan. En la misma orientación se sitúan los trabajos de Ma *et al.* (2006) y Zhao *et al.* (2009), para los trasvases en China. A nivel regional, Dietzenbacher y Velázquez (2007), Velázquez (2007) y Madrid y Velázquez (2008) analizan los flujos de AV en Andalucía, así como Aldaya y Llamas (2009) analizan los flujos de AV en la cuenca del Guadiana y sobre el mismo estudio de caso, Aldaya *et*

al. (2010) avanzan en las implicaciones de la incorporación del AV y la HH en las políticas. Montesinos *et al.* (2011) realizan su trabajo centrándose en la cuenca del Guadalquivir. Por último, Naredo (2009) en su estudio del AV y la HH de la comunidad de Madrid, y Mekkonen y Hoekstra (2010), en su trabajo de la HH de la exportación de flores en el lago Naivasha en Kenia, avanzan en la realización de análisis más amplios de los flujos de agua, considerando y estimando sus principales implicaciones en conjunto con el ciclo hidrológico en el lugar donde se realiza el análisis. No obstante, la mayor parte de los análisis de flujos de AV se han planteado desde una perspectiva cuantitativa que no toma en consideración que los flujos de AV son la manifestación físico (hídrica) de unos procesos institucionales, políticos y sociales que coexisten y condicionan estos (Beltrán, 2012). Sin embargo, esto no ha sido un impedimento para la importante difusión y aceptación de estos conceptos por parte de la comunidad científica.

En el siguiente apartado mostramos cómo ha sido el proceso de difusión de este conocimiento ambiental y las principales críticas que ha recibido, que apuntan hacia la necesidad de avanzar en la consideración de las implicaciones políticas, sociales y territoriales que tienen las estimaciones de flujos de AV cuando se utilizan como instrumentos para la toma de decisiones sobre gestión de agua.

DIFUSIÓN DE LOS CONCEPTOS DE AGUA VIRTUAL Y HUELLA HÍDRICA

A partir de estos conceptos, se ha desarrollado un elevado número de trabajos desde el primer congreso online de agua virtual⁶ que ha permitido avanzar en el análisis de los procesos de producción y de consumo, así como de los flujos comerciales, en términos de agua. En el 3th World Water Forum (2003) se dedicó una sesión al AV y dada la relevancia que alcanzó se decidió organizar un congreso virtual sobre agua virtual que se puede considerar la primera reunión de envergadura que reunió a más de 300 participantes.

En este apartado mostramos que partiendo del destacado desarrollo metodológico anteriormente citado existe un prolífico desarrollo de trabajos cuyo principal objetivo es la cuantificación de estos indicadores, que han sido ampliamente difundidos y aceptados por la comunidad científica y que han trascendido del ámbito académico a la Administración pública y a las grandes corporaciones. Finalizamos exponiendo las principales críticas que han recibido tanto los conceptos de AV y HH como las metodologías de estimación de los flujos de agua virtual.

En primer lugar hay que resaltar la importante difusión y aceptación por la comunidad científica de los trabajos de estimación de flujos de AV. Por un lado, la web de la red de huella hídrica⁷ ha servido como una potente herramienta de difusión de muchos de los estudios de AV y HH realizados. Desde el lanzamiento de la web en 2004, se han publicado 51 artículos en revistas internacionales, 48 informes de la serie "Value of Water Research Report Series" patrocinados por la UNESCO, 9 informes de la serie "Corporate water footprint", 34 publicaciones de otros tipos, 2 libros y un manual⁸.

Asimismo, desde diversas entidades y centros de investigación se ofertan seminarios especializados sobre los conceptos y cursos de metodología de estimación de AV y HH, lo que muestra la amplia acogida que esta herramienta tiene en la comunidad académica y empresarial. Como ejemplo, cabe citar los seminarios metodológicos sobre HH organizados por la Fundación Botín⁹ en España celebrados en Madrid en abril 2010, octubre 2011, octubre 2012, así como el curso práctico de cálculo de la huella hídrica aplicada al sector empresarial en mayo 2013.

⁶ La síntesis de este congreso se puede consultar en: http://www.waterfootprint.org/Reports/virtual_water_final_synthesis.pdf.

⁷ <http://www.waterfootprint.org>.

⁸ Revisión realizada en septiembre de 2011.

⁹ Más información en <http://www.fundacionbotin.org/>.

En segundo lugar, la metodología de estimación de flujos de AV ha trascendido la esfera académica, siendo utilizados estos indicadores en el ámbito de la Administración Pública¹⁰, así como grandes corporaciones están requiriendo estudios de la HH de sus productos para apoyar las diferentes alternativas en la toma de decisiones¹¹. En este sentido, podemos encontrar trabajos de estimación de la HH realizados que incluyen recomendaciones específicas tanto a consumidores, como a gobiernos y empresas (Chapagain y Orr, 2008), así como aportaciones teóricas sobre cómo aumentar la sostenibilidad de los recursos hídricos del planeta (Hoekstra y Chapagain, 2008; Hoekstra, 2013).

En tercer lugar, es destacable que los principales estudios de flujos virtuales se han realizado a escala global o nacional, como lo pone de manifiesto la revisión de la literatura realizada por Beltrán (2012). Hasta la fecha, habían sido publicados 25 estudios de estimación de flujos de AV a nivel internacional, 32 a nivel nacional y 10 a nivel regional. Esto es debido a que los datos de comercio -imprescindibles para aplicar la metodología desarrollada por Hoekstra y Hung (2003) y la más ampliamente difundida- se encuentran accesibles principalmente a escala nacional. Esta escala específica de análisis afecta al discurso que promueve la aplicación de las metodologías, centrándose en recomendaciones sobre la gestión de agua a escala global o nacional. Así, una de las mayores contribuciones de este método es haber avanzado en la estimación global del uso total del agua verde y azul en la agricultura (Allan, 2010).

En resumen, es posible afirmar que ha habido un prolífico desarrollo de trabajos de estimación de los flujos de AV y de HH y ambos conceptos han sido ampliamente aceptados y difundidos por la comunidad científica, traspasando el ámbito académico para servir a la toma de decisiones de gobiernos y empresas. El impacto del discurso que subyace a estos conceptos y metodologías en la sociedad es, por tanto, digno de análisis.

No obstante, tanto los conceptos de AV y HH como las metodologías de estimación han recibido críticas. A nivel metodológico Ridoutt y Pfister (2010) señalan que la metodología de HH se ha desarrollado independientemente de la disciplina de Análisis de Ciclo de Vida y por ello no existe una clara relación entre el indicador de HH y el posible impacto social y ambiental que provoca. Por lo tanto, actualmente no queda claro si el resultado de elegir un producto o un sistema de producción es mejor que otro basándose en la HH. Pues de hecho, un producto con menor HH comparado con otro que posea una mayor HH, puede estar provocando impactos negativos dependiendo de la fuente de agua. Naredo (2009), en su estudio del AV y la HH de la comunidad de Madrid, aporta un argumento de peso ante tal cuestión, afirmando que el análisis debe abarcar el ciclo hidrológico en su conjunto, considerando y estimando sus principales componentes. Esto no sólo mejora la calidad de las estimaciones del agua virtual y la huella hídrica, sino que permite advertir las limitaciones que ofrece este tipo de análisis y completarlas con consideraciones más amplias relacionadas con el conjunto de los recursos hídricos en el territorio de estudio. Por su parte Vanham y Bidoglio (2013) demuestran que la HH es un indicador parcial que debe ser integrado con otros factores de análisis cuando se usa como instrumento para tomar decisiones sobre política de agua y comercio. Por otro lado, Velázquez et. al (2011) ponen de manifiesto las implicaciones que de la confusión conceptual entre AV y HH pueden derivarse.

¹⁰ El Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino del Gobierno de España ha incluido en la ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, la obligatoriedad de incluir la HH de las cuencas hidrográficas en los Planes de Cuenca.

¹¹ Así se puede ver en la Cumbre de Huella Hídrica celebrada en EEUU en 2009 (<http://www.water-footprint-usa.com>), denominada Corporate water footprints o la que se celebró en Londres ese mismo año en la que intervienen grandes corporaciones (<http://www.waterfootprint.org/Reports/various/CorporateWaterFootprinting-ManagingWaterResources-London-May09.pdf>). Asimismo, es destacable el desarrollo de una nueva metodología para la estimación de la HH desarrollada por Veolia Water denominada Water Impact Index (<http://www.veoliawaterst.es/>), o el acuerdo firmado entre Ainia centro tecnológico y la Fundación Aqualogy para trabajar juntos en proyectos de huella hídrica para empresas del sector alimentario (<http://fundacionaqualogy.org/>).

Asimismo Merret (2003), Kumar y Singh (2005), Fernandez y Thivet (2008), Wichelns (2010a, 2010b, 2011, 2015), Gawel y Bernsen (2011, 2013) y Chenoweth *et al.* (2014) señalan las contradicciones que plantean estos indicadores a la hora de dar información relevante para la aplicación de políticas de agua y comercio. Wichelns (2010, 649) afirma que "los análisis de AV y la HH ignoran los aspectos más importantes del uso y el reparto del agua". Desde la perspectiva de la EP, Barnes (2013) muestra como los modelos de flujos de AV abstraen el recurso agua de su contexto material y en consecuencia, ignoran la importancia del factor trabajo y Gialis y Mavroudeas (2014) señalan las dimensiones sociales de las relaciones económicas que el AV obvia, invisibilizando como el trabajo, el poder y el intercambio desigual afectan a los recursos hídricos. Por otro lado, el agua virtual se presenta en numerosos trabajos académicos como la solución a la escasez de agua (El-Sadek, 2010; Nazer *et al.*, 2008). No obstante Kaika (2006) ha demostrado que dependiendo del concepto de escasez que se utilice se pueden plantear diferentes medidas de gestión de agua que tendrán por ende, diferentes impactos sociales y ambientales. De esta forma, cuando derivado de la aplicación de metodologías de cuantificación de flujos virtuales de agua se proponen medidas para aliviar la escasez de agua en determinados territorios, es importante recordar que la escasez es un concepto socialmente producido que ha sido numerosas veces utilizado para justificar políticas encaminadas a aumentar la oferta de agua (Swyngedouw *et al.*, 2002; Aguilera, 2008). Trabajos de cuantificación de flujos de agua virtual incluyen asimismo recomendaciones para mejorar la gestión de agua aplicando medidas basadas en la maximización de la eficiencia y la productividad del agua en diferentes cultivos (Abu-Sharar, 2012; El-Sadek, 2010). El concepto de eficiencia, presentado así como objetivo y neutral, obvia las consecuencias que provoca que el agua sea gestionada solamente por medio de indicadores relativos (euros producidos por metro cubico, por ejemplo) (Trottier, 2008). Barnes (2013), haciendo un estudio de las implicaciones sociales y políticas que tienen las medidas de gestión de agua y comercio propuestas desde la perspectiva del AV, muestra las consecuencias del concepto de eficiencia llevado a la práctica en Egipto. Las medidas que proponían reducir el área cultivada de arroz, limitar las importaciones y aumentar las exportaciones de este cereal siguiendo la lógica del AV han revelado su nula efectividad. El discurso derivado de los estudios de AV ignora que el agua cumple múltiples funciones, además de servir para regar el cultivo. En este sentido los modelos de cuantificación de flujos virtuales de agua abstraen el agua de su contexto material, considerando el agua únicamente como factor de producción y "obviando el trabajo de aquellos que reconducen el agua hacia sus parcelas como asimismo el agua a su paso por el territorio" (Barnes, 2013, 371).

Para finalizar, hemos querido poner de manifiesto que se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de la metodología y a la difusión del concepto, pero muy poco al análisis de las relaciones de poder que condicionan y coexisten con esos flujos. Esto cuestiona el uso de estos indicadores a la hora de dar información relevante para la aplicación de políticas de agua y comercio.

REFLEXIONES FINALES

Los indicadores de AV y HH son un enorme avance para la consideración de los flujos hídricos en los sistemas económicos. No obstante, no podemos dejar de destacar que la mayor parte de estos trabajos se han centrado en el desarrollo metodológico dirigido a la estimación de flujos hídricos virtuales de importaciones y exportaciones, excluyendo las interdependencias que existen entre los sistemas económico, social y ambiental.

En este sentido, nos preguntamos sobre las razones que han influido en esta visión centrada en el desarrollo metodológico. La cuestión clave está en que la mayor parte de los trabajos que se han realizado sobre los conceptos de AV y HH conciben el estudio de los flujos hídricos de los sistemas económicos como el estudio empírico de los flujos de entradas y salidas de agua en una actividad económica.

En primer lugar, es evidente que, ante la falta de estimaciones de los flujos hídricos de los sistemas económicos, se haga un esfuerzo para crear una base de estimaciones que antes no existía. Por lo tanto

creemos que es consecuencia, como indican Ridoutt y Pfister (2010), del origen de la metodología, que no incluye en su aplicación una clara relación entre la estimación cuantitativa del AV de un lugar y el posible impacto social y/o ambiental que provoca. En segundo lugar, es destacable la escala que han abarcado los trabajos de AV y HH, ya que los principales estudios de los flujos virtuales por escala geográfica se han realizado a escala global o nacional desde donde es ciertamente complicado relacionar la gran cantidad de estimaciones de flujos hídricos de la economía con los impactos que provocan en los demás sistemas.

Así entendidos estos indicadores, cumplen la función de fomentar el perfecto maridaje entre Administración, empresa y academia. En efecto, surgidos con vocación crítica, estos conceptos han tenido una importante difusión y aceptación por la comunidad científica y han trascendido la esfera académica. El estudio cuantitativo de los flujos de agua virtual es una herramienta para concienciar a los consumidores de su responsabilidad en el consumo de agua como así lo demuestran Chapagain & Orr (2008). Pero a pesar de su destacada difusión, la HH se ha desarrollado como un indicador parcial que debe ser integrado con otros elementos de análisis a la hora de dar información relevante para la aplicación de políticas de agua y comercio (Vanham y Bidoglio, 2013). De esta forma, cuando como resultado de la aplicación de estas metodologías se proponen recomendaciones encaminadas a aumentar la eficiencia del agua y a reducir la escasez del recurso, tendríamos que preguntarnos quién tiene acceso y control sobre esos recursos hídricos y quién es excluido de ese acceso y control. Es por ello que creemos necesaria una perspectiva que considera que los flujos hídricos de los sistemas económicos no son más que la manifestación material de un proceso de apropiación y transformación de la naturaleza que depende de las relaciones sociales que condicionan y coexisten con estos flujos (Swyngedouw, 2006). Para avanzar en la consideración de las implicaciones políticas, sociales y territoriales que tienen los flujos de agua virtual y su consiguiente contextualización proponemos combinar los enfoques de la economía ecológica con la de la ecología política. Poniendo en diálogo estas dos perspectivas de análisis entendemos que se puede incorporar en los análisis de los flujos virtuales de agua una visión crítica sobre los conflictos derivados de la extracción y excreción de recursos naturales que implica el sistema económico. De esta forma, la economía ecológica es reforzada con las aportaciones de la ecología política ofreciendo una alternativa a los enfoques convencionales y evitando la separación simplista entre ciencia y política (Forsyth, 2003).

La necesidad urgente de este cambio de perspectiva de análisis de los flujos hídricos que alimentan los sistemas económicos se basa en el carácter político que presenta la gestión de los recursos hídricos, que ha sido teorizado y empíricamente demostrado por Swyngedouw (1999), entre otros. De lo contrario, la metáfora de los flujos virtuales de agua en la economía que dio origen a los conceptos de AV y HH puede verse reducida a un "invisibilizador de complejidad" en la misma línea que apunta Norgaard (2010), que ha ocurrido con la metáfora de servicios de ecosistemas, que surgió como un intento de abordar la relación sociedad-naturaleza y a través de la cual la complejidad ha sido reducida y simplificada para informar a los mercados.

BIBLIOGRAFÍA

Abu-Sharar, T. Al-Karablieh, E. and Haddadin, M. (2012) "Role of Virtual Water in Optimizing Water Resources Management in Jordan". *Water Resources Management* 26, 3977–3993.

Aldaya, M., Hoekstra, A. (2010). "The water needed for Italians to eat pasta and pizza". *Agricultural Systems*, 103: 351-360.

Aldaya, M. y Llamas, M. (2009). "Water Footprint Analysis (Hydrologic and Economic) of the Guadiana River Basin". United Nations World Water Development. 3. UNESCO: World Water Assessment Programme.

Aldaya, M., Martínez, P. y Llamas, M. (2010). "Incorporating the Water Footprint and Virtual Water into Policy: Reflections from the Mancha Occidental Region, Spain". *Water Resources Management*, 24: 941-958.

Aguilera, F. (2008) *La nueva economía del agua*. Madrid: Catarata.

Allan, J. (1993) Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. In ODA, *Priorities for water resources allocation and management*, ODA, London.

Allan, J. (2010) *Virtual Water: Tackling the Threat to Our Planet's Most Precious Resource*. London: I.B. Tauris.

Barnes, J. (2013) "Water, water everywhere but not a drop to drink: The false promise of virtual water". *Critique of Anthropology* 33, 371-389.

Beltrán, MJ. (2012) *Del metabolismo social al metabolismo hídrico*. Unpublished PhD Thesis. Pablo de Olavide University, Seville.

Berrittella M, Hoekstra A, Rehdanz K, Rosond R, Tol R (2007) "The economic impact of restricted water supply: A computable general equilibrium analysis." *Water Resources* 41: 1799- 1813.

Carpintero, O. (2005). *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*. Madrid: Fundación Cesar Manrique.

Chapagain, A. and Hoekstra, A. (2004) *Water footprints of nations*. Value of Water Research Report Series. 16. UNESCO: IHE, Institute for Water Education. Delft, The Netherlands.

Chapagain AK, Hoekstra AY (2008) "The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products". *Water International* 33:19-32.

Chapagain, A. and Orr, S. (2008) *UK water footprint: the impact of the UK's food and fibre consumption on global water resources*. WWF-UK.

Chenoweth J, Hadjikakou, M y Zoumides, C (2014) "Quantifying the human impact on water resources: a critical review of the water footprint concept". *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 2325-2342.

Dietzenbacher E, Velázquez E (2007) "Analyzing Andalusian virtual water trade in an input-output framework". *Regional Studies* 41 (2): 185-196.

El-Sadek, A. (2010) "Virtual water trade as a solution for water scarcity in Egypt". *Water Resources Management* 24: 2437-2448.

Feng, H., Hubacek K., Minx J., Ling Siu Y., Chapagain A. (2011). "Spatially Explicit Analysis of Water Footprints in the UK". *Water*, 3: 47-63.

Fernández, S. and Thivet, G. (2008) *L'eau virtuelle, quel éclairage pour la gestion et la répartition de l'eau en situation de pénurie?* 13th World Water Congress - Global changes and water resources: confronting the expanding and diversifying pressures. Montpellier, France, 1-4 September.

Forsyth, T. (2003) *Critical Political Ecology: The politics of environmental science* London: Routledge.

Galloway JM, Burke GM, Bradford E, Naylor R, Falcon W, Chapagain AK, Gaskell JC, McCullough E, Mooney HA, Oleson L, Steinfeld H, Wassenaar T, Smil V (2007). "International Trade in Meat: The Tip of the Pork Chop". *Ambio* 36 (8). .

Gawel, E., Bernsen, K., (2011). "Do we really need a water footprint? Global trade, water scarcity and the limited role of virtual water". *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society* 20, 162-167. .

Gawel, E and Bernsen, K. (2013) "What is wrong with virtual water trading? On the limitations of the virtual water concept". *Environment and Planning C: Government and Policy* 31, 168 - 181.

Gialis, S. Mavroudeas, S. (2014) "Virtual Water: More Heat than Light?" *Capitalism Nature Socialism* 25:2, 60-74.

Hoekstra, A. (2003) Virtual Water: An introduction. Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12. UNESCO: IHE, Institute for Water Education. Delft, The Netherlands.

Hoekstra, A. (2013) *The water footprint of modern consumer society* London: Routledge.

Hoekstra, A. and Chapagain, A. (2008) *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Oxford: Blackwell Publishing.

Hoekstra AY, Hung PQ (2003) Virtual Water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to crop trade. Value of Water Research Report Series. 11. UNESCO: IHE, Institute for water education, Delft, the Netherlands.

Islam MS, Oki T, Kanae S, Hanasaki N, Agata Y, Koshimura K (2007) "A grid-based assessment of global Water Resource Management water scarcity including virtual water trading". *Water Resources Management* 21:19–33.

Kaika, M. (2006) The political ecology of water scarcity. The 1989–1991 Athenian drought. In Heynen N, Kaika M, & Swyngedouw (eds.) (2006). *In the Nature of Cities. Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*. London: Routledge.

Kallis, G. Gomez-Baggethun, E. and Zografos, C. (2013) "To value or not to value? That is not the question" *Ecological Economics* 94, 97-105.

Kapp, W. (1976) El carácter de sistema abierto de la economía y sus implicaciones. En Aguilera F, & Alcántara V, (1994) *De la economía ambiental a la economía ecológica*: 321-360. (Originally published in 1976 in Kurt Dopfer [ed]. *Economics in the future: towards a new paradigm*, London: MacMillan).

Kumar, D. and Singh, O (2005) "Virtual water in global food and water policy making: is there a need for rethinking?" *Water Resources Management* 19, 759–789.

Ma, J., Hoekstra, A., Wang, H., Chapagain, A., Wang, D. (2006). "Virtual versus real water transfers within China". *Philosophical Transactions*, 361: 835-842.

Madrid, C., Velázquez, E. (2008). "El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual. Una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España)". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 8: 29-47.

Martínez-Alier, J. (2005) *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria.

Martínez-Alier, J. Kallis, G. Veuthey, S. Walter, M. and Temper, L. (2010) "Social Metabolism, Ecological Distribution Conflicts, and Valuation Languages". *Ecological Economics* 70, 153-158.

Mekkonen, M., Hoekstra, A. (2010). "Mitigating the Water Footprint of export cut flowers from the lake Naivasha basin, Kenya". Values of Water Research Report Series nº 45. IHE, Delft, Holanda.

Merret, S. (2003) 'Virtual water' and Occam's razor. Occasional Paper No. 62 SOAS King's College London, University of London. December 2003.

Montesinos, P., Camacho, E., Campos, B., Rodríguez-Díaz, J. (2011). "Analysis of Virtual Irrigation Water. Application to Water Resources Management in a Mediterranean River Basin". *Water Resources Management*, 25: 1635-1651.

Naredo, J (coord.) (2009) El agua virtual y la huella hidrológica en la comunidad de Madrid. Informe de I+D+I. Canal de Isabel II. Madrid.

Nazer, D. Siebel, M. Van der Zaag, P. Mimi, Z. and Gijzen, H. (2008) "Water Footprint of the Palestinians in the West Bank". *Journal of the American Water Resources Association* 44.2, 449-458.

Norgaard, R (2010) "Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder". *Ecological Economics*, 69: 1219-1227.

Ridoutt, B. and Pfister, S (2010) "A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity". *Global Environmental Change* 20, 113-120.

Robbins, P. (2004) *Political Ecology. A critical Introduction*. Oxford: Blackwell Publishing.

Savenije HHG (1998) The Role of Green Water in Food Production in Sub-Saharan Africa. IPTRID/FAO. Article Prepared for FAO.

Swyngedouw, E. (1999) "Modernity and Hybridity: Nature, Regeneracionismo, and the Production of the Spanish Waterscape, 1890-1930". *Annals of the Association of American Geographers* 89.3, 443-465.

Swyngedouw, E. (2006) "Circulations and Metabolisms: (Hybrid) Natures and (Cyborg) Cities". *Science as Culture* 2 (15): 105-121.

Swyngedouw, E. Kaika, M. Castro, E. (2002) "Urban Water: A Political Ecology Perspective". *Built Environment* 28.2, 124-137.

Trottier, J. (2008) "Water crises: political construction or physical reality?" *Contemporary Politics* 14.2, 197-214.

Vanham, D. and Bidoglio, G (2013) "A review on the indicator water footprint for the EU28". *Ecological Indicators* 26, 61-75.

Van Oel P, Mekonnen M, Hoekstra A (2008) The external water footprint of The Netherlands: quantification and impact assessment. Value of water research report series 33. UNESCO: IHE, Institute for water education, Delft, the Netherlands.

Velázquez, E. (2007). "Water Trade in Andalusia: an alternative way to management water demand". *Ecological Economics*, 63 (1): 201-208.

Velázquez, E. Madrid, C. and Beltrán, MJ. (2011) "Rethinking concepts of virtual water and water footprint in relation to the production-consumption binomial and the water-energy nexus". *Water Resources Management* 25, 743-761.

Verma, S., Kampman, D., van der Zaag, P., Hoekstra, A. Y. (2009). "Going against the flow: A critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's National River Linking Program". *Physics and Chemistry of the Earth*, 34: 261-269.

Wichelns, D., (2010a). "Virtual Water: A Helpful Perspective, but not a Sufficient Policy Criterion". *Water Resources Management* 24, 2203-2219.

Wichelns, D. (2010b) "Virtual Water and Water Footprints Offer Limited Insight Regarding Important Policy Questions". *International Journal of Water Resources Development* 26:4, 639-651.

Wichelns, D. (2011) "Do the Virtual Water and Water Footprint Perspectives Enhance Policy Discussions?" *International Journal of Water Resources Development* 27:4, 633-645.

Wilchens, D. (2015). "Virtual water and water footprints: Overreaching into the discourse on sustainability, efficiency, and equity". *Water Alternatives* 8(3): 396- 414.

Zhao, X., Chen, B., Yang, Z. (2009). "National water footprint in an input-output framework. A case study of China 2002". *Ecological Modelling*, 220: 245-253.