

## DIMENSIÓN POLÍTICA Y DE GESTIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Garrido, A. y Willaarts, B. A.

*Observatorio del Agua de la Fundación Botín y Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales de la Universidad Politécnica de Madrid*

### 1. DEFINICIÓN DE HUELLA HÍDRICA

El ciclo hidrológico proporciona anualmente 110,000 Km<sup>3</sup> en forma de precipitaciones de lluvia y nieve (L'Vovich et al., 1990). Globalmente, el 37% de esas precipitaciones se destina a alimentar ríos, acuíferos, lagos y otros sistemas acuáticos, mientras que el 63% restante, se almacena en la reserva de agua del suelo y contribuye a mantener la productividad primaria de los sistemas agrícolas y forestales.

Según las distintas estimaciones, el volumen de agua que actualmente se extrae de los sistemas acuáticos para uso humano a escala global varía entre 3100 y 4400 Km<sup>3</sup> (Postel et al., 1996; Rosegrant et al., 2002; Falkenmark y Rockström, 2004; Oki y Kanae 2006; Gleick et al., 2008). Teniendo en cuenta que la cantidad de agua que puede ser captada de forma sostenible de estos sistemas es de aproximadamente 10.200 Km<sup>3</sup> (Postel et al., 1996), la apropiación actual de este recurso representa en torno al 31 y 44%.

La agricultura extensiva consume actualmente entre 18.200 y 21.000 Km<sup>3</sup> (Postel et al., 1996; Falkenmark y Rockström, 2004). Este consumo implica, que el 26-30% del agua presente en los sistemas terrestres, se emplea en producir alimentos (Postel et al., 1996; Falkenmark y Rockström, 2004). En términos de apropiación de territorio, este consumo de agua se debe a que el 12% de la superficie terrestre se destina a la producción agrícola (Foley et al., 2005; Ramankutty et al., 2008). Según Rockström et al. (2009) el límite de conversión de tierras para uso agrícola no debería superar el 15% si se quiere garantizar la estabilidad ecológica global. Traducido a necesidades hídricas, este margen de incremento de la superficie agrícola del 3% (en torno a 4 millones de Km<sup>2</sup>) implica que la apropiación de agua de los sistemas terrestres para uso agrícola podría incrementarse a medio plazo en un máximo de 2400 Km<sup>3</sup>.

Si el año 2025 los consumos de agua per cápita no se optimizan y no se introducen mejoras significativas en la productividad agrícola, las extracciones de agua de los sistemas acuáticos aumentarán hasta los 4800 o 6400 Km<sup>3</sup> (Postel et al 1996; Rosegrant et al., 2002). Este incremento se traducirá en una apropiación entre el 47 y 63% de los recursos disponibles en los sistemas acuáticos. Paralelamente, el aumento de población y la mayor demanda de alimentos vendrán acompañados también por una expansión horizontal de la superficie agrícola, que incrementará la apropiación del agua de los sistemas terrestres entorno a unos 2500 Km<sup>3</sup> (Rockstrom et al., 2007).

A pesar de que las estimaciones para el 2025 muestran que las demandas globales de agua pueden satisfacerse, estas previsiones deben interpretarse con cautela. Por un lado, existe una gran variabilidad regional en relación a la oferta y la demanda futura de recursos hídricos, circunstancia que abrirá una importante brecha hídrica en muchas regiones del mundo (Oki y Kanae, 2006; Rosegrant et al., 2002). Especialmente en los países en vías de desarrollo, donde se pronostican los mayores incrementos de población y demanda de alimentos, y donde al mismo tiempo se registran los valores de productividad agrícola más bajos (Rockstrom et al., 2007). Por otra parte, las distintas estimaciones mencionadas no tienen en cuenta el efecto del cambio climático en la futura disponibilidad de recursos, factor que afectará sobre todo las regiones más pobladas del mundo (UN WWAP, 2009). Otra cuestión crítica es que las distintas estimaciones globales de consumos actuales y futuros pronosticadas difieren en algunos casos hasta en un 40%. Este margen de variación en parte se debe a que en la actualidad la mayoría de los países carecen de información precisa sobre el volumen real de recursos hídricos que se consumen en las distintas actividades socioeconómicas, y también sobre la cantidad y calidad de los recursos disponibles que pueden ser empleados sin causar perjuicios medioambientales (ibid).

Para hacer frente a este déficit de información hídrica y poder establecer las bases para una gestión sostenible de los recursos hídricos, es preciso desarrollar metodologías e indicadores que proporcionen una información fiable sobre los consumos reales de agua y la disponibilidad de recursos potencialmente disponibles en los distintos países. En este sentido, el concepto de Huella Hídrica (HH) introducido por Hoekstra y Hung en el año 2002 representa un indicador muy útil para estimar de manera fiable el consumo de agua invertido en la producción de bienes o asociado a los distintos sectores de actividad económica (Hoekstra y Hung, 2002).

Históricamente los datos referentes al consumo de agua siempre se han presentado como una suma de las utilidades de agua en los diferentes sectores de la economía (agricultura, industria y doméstico). Aunque estos datos son útiles para cuantificar el nivel de explotación de los recursos hídricos locales o regionales, no proporcionan demasiada información sobre el modelo de consumo de los habitantes del país y

acerca de la necesidad de recursos hídricos adicionales. La estimación de la HH surge así como un indicador complementario en el cálculo de la sostenibilidad del uso de los recursos naturales por parte del hombre (Hoekstra, 2007; Hoekstra et al. 2011).

La HH es un indicador de consumo que permite cuantificar el uso directo e indirecto de agua empleada por un individuo, una comunidad o en la producción de un bien. En su cálculo se integran la huella hídrica verde, azul y gris: los denominados "colores del agua" (Llamas, 2005). La huella verde se refiere al volumen de agua de lluvia almacenada en el suelo y consumida para la producción de bienes. La huella azul es el volumen de agua captado de los sistemas acuáticos y aplicado artificialmente a los procesos de producción o al consumo directo. Finalmente, la huella gris se refiere al volumen de agua que se necesita para diluir los contaminantes generados en un proceso productivo hasta alcanzar concentraciones que se consideran ambientalmente tolerables.

La HH de un individuo, de un grupo de personas o de un país se define como el total de agua usada para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo, por ese grupo de personas o por el país (Chapagain y Hoekstra, 2004). Se suele expresar en volumen de agua usado por año. Dado que no todos los bienes consumidos en un país son producidos en su territorio, la huella hidrológica se compone de dos partes: huella hidrológica interna, que se refiere al volumen de agua del país usada para producir los bienes y servicios consumidos por sus residentes; y la huella hidrológica externa, que equivale al volumen de agua usada en otros países para producir los bienes y servicios importados y consumidos por los residentes en el país de referencia (ibid.).

Los factores más determinantes en la HH de un país son: el volumen de bienes y servicios consumidos, las costumbres en la alimentación y la dieta, el clima y las prácticas agrícolas (Chapagain y Hoekstra, 2004).

Uno de los aspectos más relevantes de la HH es que permite diferenciar el agua consumida según su procedencia, distinguiendo entre HH azul y HH verde. Se denomina agua azul al agua procedente de ríos, lagos y acuíferos y agua verde a la procedente de las precipitaciones que queda retenida en el suelo (Falkenmark, 2003). Esta distinción es importante ya que poseen diferentes características en cuanto a coste de oportunidad e impacto hidrológico y medioambiental, como también son diferentes las políticas que administran y gestionan cada una de ellas.

La idea de HH surge a partir del concepto de agua virtual. El agua virtual se define como el volumen de agua requerido para producir un bien o un servicio (Allan, 1998). Fue introducido por Allan en 1993 cuando estaba investigando la opción de 'importar' agua virtual, en lugar de agua real, a través de la importación de productos en los países del Medio Oriente. En los últimos años varios estudios han destacado la importancia de este mecanismo a la hora de conseguir la seguridad hídrica y alimentaria en regiones áridas y semiáridas (Allan, 2003; Hoekstra y Hung, 2002; Yang y Zehnder, 2002; Novo et al, 2010; Garrido et al. 2010).

En 2011 se publicará el nuevo manual de la huella hídrica (Hoekstra et al. 2011). Conviene recordar el valor del cálculo de la HH:

"As an indicator of 'water use', the water footprint differs from the classical measure of 'water withdrawal' in three respects:

- ▶ it does not include blue water use insofar this water is returned to where it came from.
- ▶ it is not restricted to blue water use, but also includes green and grey water.
- ▶ it is not restricted to direct water use, but also includes indirect water use.

The water footprint thus offers a better and wider perspective on how a consumer or producer relates to the use of freshwater systems. It is a volumetric measure of water consumption and pollution. It is *not* a measure of the severity of the local environmental impact of water consumption and pollution. The local environmental impact of a certain amount of water consumption and pollution depends on the vulnerability of the local water system and the number of water consumers and polluters that make use of the same system. Water footprint accounts give spatiotemporally explicit information on how water is appropriated for various human purposes. They can feed the discussion about sustainable and equitable water use and allocation and also form a good basis for a local assessment of environmental, social and economic impacts."

Por su parte el World Water Council (2004) establece que:

"The virtual water content of a product tells us something about the environmental impact of consuming this product. Knowing the virtual water content of products creates awareness of the water volumes needed to produce the various goods, thus providing an idea of which goods impact most on the water system and where water savings best could be made... The water footprint can be a strong tool to show people their impact on the natural resources. Conscious people might vote for more environment friendly imports [of] goods and services".

En España se han hecho ya numerosas evaluaciones de la huella hídrica (Salmoral et al, 2010; Chico et al. 2010; Rodríguez-Casado et al 2009; Aldaya et al.,2010; Garrido et al. 2010).

## 2. LITERATURA SOBRE HH EN AGRICULTURA Y USO DEL TERRITORIO

La producción de alimentos es totalmente dependiente del potencial fotosintético que tienen los cultivos en las distintas regiones del planeta. Para fijar una molécula de  $\text{CO}_2$ , la fotosíntesis precisa entre 100 y 150 moléculas de agua. Traducido a necesidades alimentarias, esto implica que para que una persona lleve una dieta saludable y no vegetariana se requiere un promedio de 1300 m<sup>3</sup> de agua al año. Este consumo de agua representa entre el 70 y el 80% del consumo anual de agua per cápita en un país desarrollado.

Si el agua fuera un recurso tan abundante como el oxígeno de la atmósfera, el cálculo de la HH de nuestros productos y de nuestro patrón de consumo no tendría el más mínimo sentido. Sin embargo, y aunque la tierra tiene recursos hídricos renovables en cantidades más que suficientes para alimentar a la población mundial presente y la de los siglos venideros, la disponibilidad de agua es limitada en muchas regiones del mundo aptas para la producción agrícola, como también lo es en algunos de los países más poblados del mundo como China, Méjico, o Egipto. Por otra parte, el progresivo aumento del consumo de carnes en muchas economías emergentes supone también un nuevo factor de estrés hídrico, dado que estas dietas llevan asociado un aumento de producción de cereales y plantas proteaginosas para la producción de piensos. Para poder hacer frente a estas nuevas demandas, resultará imprescindible incrementar los rendimientos en los países agrícolas productores (en el caso de África especialmente, por el modo en que ha divergido su productividad respecto del resto del mundo en las últimas décadas), aumentar la superficie de las tierras cultivables y desarrollar nuevas formas de producir alimentos (por ejemplo mediante la 'marinicultura', un sistema de producción que busca aprovechar la diversidad de organismos de la cadena trófica del medio marino para producir proteínas de elevado valor nutritivo para el hombre).

Resulta interesante contrastar distintas evaluaciones de la HH de diversos países para obtener los mismos productos, o del mismo productos en diferentes zonas productivas de un país. Por ejemplo, Hoff et al (2010) encuentran grandes diferencias en las necesidades de agua para producir una tonelada de grano.

Veamos el caso del algodón. La producción de unos pantalones vaqueros requiere del uso de unos 10.000 litros de agua. Entre el 80 y el 90% del consumo de agua se produce en la producción agrícola de cápsulas de algodón, y el resto en la obtención de la fibra, la fabricación del tejido, el tinte y en la confección de la prenda. Según sea la composición de fibras de una prenda, mayor o menor será la huella hídrica del producto. Pero, incluso para una misma composición, la huella hídrica de la prenda varía significativamente con el lugar y el modo en que se ha obtenido la cosecha de algodón. El algodón se produce en los cinco continentes, siendo los principales países productores China, EE.UU., India, Pakistán, Uzbekistán, Turquía y Australia. Grecia es el primer productor Europeo pero ocupa la novena posición en el ránking mundial. Una tonelada de cápsulas de algodón requiere 13 millones de litros de agua en Siria pero solo 4 en EE.UU. Los rendimientos oscilan entre 3,8 Tn por hectárea en Australia y 0,62 en India (Chapagain et al. 2006).

Hay todavía muchas discrepancias entre los distintos autores que han calculado la HH para productos y bienes similares. Rodríguez-Casado et al (2009) calcularon la HH de la agricultura española, alcanzando un valor un 40% inferior al de Hoekstra y Chapagain (2008). Salmoral et al (2010) sugiere que la huella del aceite de oliva en España puede ser la mitad de la que obtuvieron Chapagain y Hoekstra (2004).

Otro aspecto interesante es la composición de la HH de los diferentes productos. Es evidente que el valor del agua verde, no puede ser igual al del agua azul, ni al del agua gris. Veremos en el punto 3 que la HH verde presenta dudas metodológicas y empíricas, si lo que se persigue es evaluar la sostenibilidad de un modelo productivo o de uso del territorio.

En todo caso, es evidente que las diferencias en composición de los diferentes colores o componentes de la huella de un producto dan pie a distintas conclusiones para el ámbito de la gestión.

Por ejemplo, Chico et al. (2010) encuentran que la componente más importante de la HH de la producción de tomate en España es la huella hídrica gris; mientras que Salmoral et al. (2010) muestran que en el caso del aceite de oliva la huella hídrica gris es casi despreciable, siendo la verde la más importante con diferencia. Rodríguez-Casado et al. (2009) muestran la diferente huella hídrica de las diferentes producciones ganaderas en España. Novo et al (2009) analizar el comercio de granos de España, mostrando la cantidad de agua que se importa y el potencial de los mercados internacionales para aliviar las condiciones de sequía que produzcan una disminución de rendimientos de cereales-pienso y forrajes.

La dimensión internacional y política de los cálculos de las componentes de la HH, en particular de la verde y la azul, ha servido para dar fundamento a la afirmación de que el comercio internacional de materias primas permite ahorrar unos 350 km<sup>3</sup> de agua al año (Hanasaki et al. (2010), lo sitúa en 545 km<sup>3</sup>/año). En particular, de acuerdo con Hanasaki et al. (2010) y y Hoekstra y Chapagain (2008) casi todas las ganancias del comercio se hace con agua verde, lo que en principio tendría un efecto positivo para la sostenibilidad de la alimentación en el mundo.

### 3. LA HH COMO INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD

Monitorizar el consumo del agua que realizan los distintos sectores de actividad económica es una cuestión clave para garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos en un territorio. Por esta razón, en los últimos años se han desarrollado múltiples indicadores encaminados a cuantificar la eficiencia en el uso y consumo de agua. Entre los más conocidos destaca el Índice de Estrés Hídrico (IEH) desarrollado por Falkenmark (1989), el Índice de Escasez de Agua (IEA) de Heap et al. (1998), el Índice de Disponibilidad de Agua (IDA) de Meigh et al. (1999) o el Índice de Explotación de Recursos Hídricos (IERH) desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2010). Todos estos índices proporcionan información sobre el nivel de disponibilidad o utilización del agua (en términos de extracciones) en relación a la oferta disponible, y establecen umbrales por encima o por debajo de los cuales se puede considerar la existencia de déficit hídricos.

La HH como indicador de consumo de agua, presenta dos ventajas importantes respecto al IEH, IEA, IDA y IERH. Por una parte, cuantifica el consumo real de agua asociado a las distintas actividades económicas en lugar de las extracciones. En este sentido la HH ofrece una información más fiable sobre el verdadero consumo de agua en un determinado sector o territorio, dado que gran parte de las extracciones de agua (especialmente en la agricultura) retornan a los cursos de agua, y no pueden considerarse usos consuntivos. Por otra parte, la HH integra las distintas fuentes de agua (azul, verde y/o gris) que se requieren en la producción de un bien o en el desarrollo de una actividad, a diferencia de la mayor parte de los indicadores que sólo consideran como recurso disponible el agua azul. La integración de los distintos tipos de agua permite, además, identificar dónde se generan los mayores impactos ambientales a lo largo del ciclo de producción de un bien.

Sin embargo, la HH como indicador de consumo de agua en sentido estricto no proporciona información acerca de si el patrón de producción y consumo en una región es o no sostenible desde una perspectiva hídrica. Principalmente, porque la HH no refleja ninguna información sobre el volumen de recursos hídricos que pueden ser explotados de manera sostenible en un territorio. Este volumen se refiere a la cantidad de agua que está disponible para uso y consumo humano, una vez descontados los requerimientos mínimos ambientales necesarios para mantener la funcionalidad de los sistemas acuáticos y los sistemas forestales.

Determinar el volumen de recursos hídricos disponibles de un territorio, exige conocer los requerimientos ambientales mínimos de los sistemas naturales acuáticos y terrestres, así como el volumen de agua realmente accesible para uso humano. A escala global, Postel et al. (1996) afirma que tan sólo el 30% del total de recursos hídricos presentes en los sistemas acuáticos son explotables, dado que una gran parte de estos se encuentran en zonas remotas de difícil acceso y por tanto resultan inaccesibles. Brasil, por ejemplo, alberga el 10% de los recursos hídricos superficiales y subterráneos mundiales, y tan sólo consume el 1% de todos sus recursos internos (Gleick et al., 2008). En términos absolutos, su reserva de agua es muy abundante, sin embargo la distribución regional de los recursos hídricos es muy heterogénea, lo que se traduce en un acceso y disponibilidad muy desigual a lo largo del país. Mientras que la Amazonia alberga el 78% de los recursos totales, las mayores densidades de población se concentran en el sureste, que tan sólo dispone del 6% de los recursos totales (IGBE, 2010). Estas diferencias ponen de manifiesto que el acceso al agua regionalmente puede estar limitado incluso en países ricos en recursos hídricos.

En relación a las necesidades hídricas de los sistemas naturales, los requerimientos mínimos que necesitan los sistemas acuáticos vienen determinados a través de los caudales ecológicos (Smakhtin et al. 2004). Sin embargo, las necesidades de agua verde que precisan los sistemas terrestres, resultan mucho más difíciles de estimar. Principalmente, porque cuantificar la huella verde de estos sistemas forestales en realidad implica determinar la superficie mínima de territorio natural que debe preservarse para garantizar el correcto funcionamiento ecológico (Garrido et al. 2010). Según el protocolo de Nagoya (CDB, 2010), para garantizar la biodiversidad del planeta será necesario conservar en torno al 17% de los distintos biomas. Otros estudios realizados establecen umbrales similares, entre el 15-30% (Alcock 2003; Vitor et al. 2006; Rockström et al. 2008). Independientemente de la decisión que se adopte en relación a la superficie óptima que se debe conservar, el cálculo de la huella hídrica verde de estos sistemas permitirá determinar las asignaciones de agua necesarias para garantizar su funcionalidad ecológica.

La integración de los requerimientos ambientales hídricos que precisan los sistemas naturales junto con el cálculo de la HH de las distintas actividades socioeconómicas, puede proporcionar un marco idóneo para la gestión sostenible de los recursos hídricos en un territorio. Hasta el momento apenas se han realizado estudios que simultáneamente hayan analizado las relaciones e interdependencias que existen entre el uso directo del agua para el desarrollo socioeconómico y el agua necesaria para mantener los sistemas naturales (Falkenmark, 1999; Aldaya et al., 2010). Este tipo de investigaciones de estas características son muy necesarias, dado que pueden proporcionar una información muy útil para desarrollar fórmulas de gestión del agua "win-win" que contribuyan a gestionar los recursos hídricos de una manera más sostenible.

### 4. APLICACIONES DE LA HUELLA HÍDRICA EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

El empleo de la HH en estudios de sostenibilidad hídrico-ambiental es todavía muy escaso. A continuación se presentan dos casos de estudios que servirán para ilustrar el estado del arte en relación a esta cuestión.

## **Expansión agrícola y sostenibilidad hídrico-ambiental en economías emergentes: El caso de Brasil**

Muchas economías emergentes como Brasil son naciones con extensas superficies de territorio con potencial agrícola y amplias reservas de recursos hídricos. Estas condiciones favorecen que cada vez sea mayor la superficie de su territorio que se destine a la producción y exportación de alimentos y materias primas. Desde el punto de vista hídrico, la producción de alimentos en estos países resulta además ventajosa, dado que se produce mayoritariamente en secano, favoreciendo la reasignación de los escasos recursos de agua en los países importadores a otros usos (Chapagain et al. 2006).

Entre 1997 y 2007 la superficie agrícola en Brasil se ha incrementado en un 23% (FAOSTAT 2010). En la actualidad, es uno de los principales productores a nivel mundial de caña de azúcar, soja, café, frutas tropicales y tiene la cabaña ganadera comercial más grande del mundo. La agricultura representa ya cerca del 5,5% del PIB (o el 35% si se incluye el agrio-industria) y el 36% de las exportaciones, lo cual demuestra el peso (creciente) de este sector en la economía brasileña.

Según las estimaciones de la FAO, en los próximos 25-35 años será necesario duplicar la producción de alimentos para satisfacer la demanda global. En Brasil al igual que en otras economías emergentes los incrementos de producción serán posibles gracias a mejoras tecnológicas, pero también vendrán acompañados por una expansión horizontal de las superficies de cultivo (Rockström et al. 2007). Paradójicamente, muchas de estas economías se ubican en regiones que albergan un importante capital natural (Gordon et al. 2005). En el contexto brasileño, la mayor expansión agrícola se está produciendo en la zona central del país, en los denominados 'cerrados' (Camargo et al. 2008; IGBE 2010b). Estas sabanas subtropicales de la región central se caracterizan por tener una escasa aptitud agrícola, pero los avances científicos y tecnológicos han favorecido su transformación en importantes centros de producción agrícola. Lapola et al (2010) argumenta que la expansión agrícola en estas zonas está indirectamente causando el desplazamiento de la ganadería hacia el norte, causando la deforestación del Amazonas. Estos cambios de uso es probable que continúen, especialmente teniendo en cuenta las perspectivas de crecimiento de la producción de biocombustibles (Hill et al. 2006; Nepstad et al. 2006).

Por consiguiente, y a pesar de las ventajas que puede suponer en términos de seguridad hídrica y alimentaria global la exportación desde países ricos en recursos como Brasil, existe poco conocimiento sobre cómo esta estrategia afecta a la propia seguridad hídrica y ambiental de los países productores (Yang y Zehner 2008). En este contexto, resulta necesario analizar las implicaciones que puede tener la producción agrícola en estas regiones desde la perspectiva de la sostenibilidad local o nacional, especialmente si se quieren proporcionar buenas directrices para la formulación de políticas de gestión del agua sostenibles a escala nacional (ibid).

El equipo de Observatorio del Agua de la Fundación Botín está realizando en este momento un estudio sobre las implicaciones que está teniendo el incremento de la producción agrícola en Brasil desde la perspectiva de la sostenibilidad hídrica nacional. En dicho estudio se está analizando la dinámica de expansión de las superficies agrícolas en las principales regiones productoras de soja del país y se procederá a cuantificar la huella hídrica asociada. En paralelo se evaluará la huella verde de los sistemas forestales y los caudales ecológicos de los cursos fluviales de las regiones productoras. Toda esta información se empleará para realizar un análisis sobre los "trade-offs" que engloba la expansión agrícola en Brasil dentro de un contexto de sostenibilidad.

## **Incorporando la huella hídrica y los requerimientos ambientales en la gestión del agua: reflexiones sobre Doñana.**

Este trabajo ha sido realizado por Aldaya et al (2010b) y constituye un primer intento para analizar si es viable el lema "más beneficios y cuidado de la naturaleza por gota de agua" en el entorno de Doñana. El trabajo incluye un análisis hidrológico y económico de la huella hídrica de las distintas actividades que se desarrollan en esta región así como una evaluación de los requerimientos ambientales que precisan sus principales ecosistemas terrestres y acuáticos.

Los resultados de este estudio muestran que los sistemas naturales consumen el 59% de los recursos hídricos totales disponibles. Los ecosistemas forestales consumen el 44% del agua verde total disponible. La agricultura consume el 40% y la industria apenas un 1% del total de precipitaciones anuales. Una fracción muy importante de estos consumos está relacionada con el uso de las aguas subterráneas. Desde hace mucho tiempo se conoce que las extracciones de agua para uso urbano, agrícola y como resultado de las plantaciones de Eucaliptos en la zona, han reducido considerablemente el nivel freático, causando importantes cambios en la vegetación natural.

De acuerdo con los resultados del trabajo realizado por WWF sobre caudales ecológicos en Doñana (WWF, 2009), el volumen de agua necesario para mantener el buen funcionamiento ecológico de los cursos fluviales superficiales y subterráneos asciende a 200 mill.de m<sup>3</sup>/año. El volumen de agua azul disponible para uso humano (una vez descontados los caudales ecológicos) se ha estimado en 240 mill.de m<sup>3</sup>/año. Este volumen es inferior a la huella hídrica de la agricultura que asciende a 280 mill.de m<sup>3</sup>/año. Una buena parte del agua azul (superficial y subterránea) que se destina a uso agrícola se invierte en producir productos como el arroz, que tienen un escaso valor económico pero son muy demandantes desde el punto de vista hídrico. Una solución factible para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas acuáticos de Doñana pasaría por la adquisición de los derechos del agua que tienen aquellos agricultores que se dedican a la producción de cultivos de baja rentabilidad

Los resultados preliminares obtenidos en este trabajo muestran que en la aplicación de un marco integral en el simultáneamente se integren la HH de las distintas actividades así como los requerimientos ambientales de los sistemas naturales, puede constituir una información sumamente útil para optimizar la planificación y gestión territorial de los recursos hídricos de forma más sostenible.

## 5. LAS IMPLICACIONES PARA LA POLÍTICA DEL AGUA

Resulta interesante discutir las recomendaciones del que formulan Hoekstra *et al.* (2011) para Gobiernos, empresas, para la agricultura, a la vista de las evaluaciones de la HH,

- a) Consumo responsable, la HH como medio de para comunicar el impacto ambiental del consumo y el estilo de vida. WWF-UK calculó la huella hídrica de un ciudadano medio británico, y divulgó el conocimiento en su web y en documentos de divulgación. Tal vez esto es lo más llamativo de la HH y el potencial de los 'calculadores' online de diversos productos disponibles en la web de la Water Footprint Network (WFN). Es un hecho de creciente repercusión e imparable impacto mediático que importantes corporaciones en el mundo (Coca-Cola, Nestlé, C&A, Barilla, Levi's...) son miembros de la WFN y están realizando evaluaciones de las huellas de sus productos. Creemos que este es uno de los aspectos más poderosos y mediáticos de la HH.
- b) La idea de los límites que plantea el objetivo de sostenibilidad en una cuenca hidrográfica. La HH puede concebirse como un 'gasto de agua'. Al computar los usos directos e indirectos, el agua verde, gris y azul, es posible concluir sobre el nivel de riesgo de sobrepasar los límites de capacidad de carga de un sistema o subsistema hídrico. En este punto, como hemos indicado, subsisten serias dudas con respecto al cálculo de la huellas verde y gris, y su agregación a la huella azul con la idea de sumar así un indicador total de HH y compararlo con los recursos hídricos disponibles y sostenibles. Por ello, entendemos que las huellas verde y gris requieren análisis separados, y no deben en principio sumarse para obtener así indicadores de sostenibilidad en el ámbito de cuenca.
- c) La asignación de agua. Las diferencias de huella hídrica apuntan posibles mejoras de eficiencia. Pero justamente en este punto, el que extiende los resultados de la HH al ámbito de la economía del agua, es uno de los más controvertidos. Wilhelms (2010) ha sido uno de los autores más prolíficos en criticar la extensión de los resultados de la HH y del comercio de agua virtual al ámbito de la política.
- d) El Comercio internacional y el comercio de agua virtual. Se trata de otro aspecto que suscita muchas dudas y no pocas críticas. Resumimos aquí esta literatura (Niemeyer y Garrido, 2010):

"Wilhelms (2010) claims that, whereas the notion of virtual water trade has been effective in encouraging analysts and politicians to look at water issues, it lacks a conceptual underlying framework and should be used alone as a criterion for selecting optimal policies. He reviews the literature debate on whether virtual water trade is a good indicator to guide policy decisions. Using graphical analyses of nations, Wilhelms (*ibid.*) concludes that arable land in per capita terms is a better predictor of trading partners than water endowment, even though he concedes that even land scarcity is neither a sufficient predictor.

Asink (2010) claims that "Unfortunately, virtual water trade cannot be applied to easily alleviate water scarcity or prevent water conflict. This is a caveat that should be taken into account in future work on virtual water trade. ... I do not suggest that the concept of virtual water trade is flawed itself. The results of this paper do show, however, that the concept of virtual water has been used incorrectly used to make claims that are not in line with empirical facts and standard economic theory" (p. 2031).

In the same vein, the fact that observed trade flows cannot be explained by the virtual water perspective has been posed by Kumar and Singh (2005) to conclude that trading strategies based on its postulates will not mitigate water scarcity.

In view of these and many other criticisms, one can identify a pattern in which economists tend to warn against the use of the concept for policy guidance, whereas geographers, hydrologists and modellers see a lot of potential in it."

La huella extendida, como contribución singular del trabajo de Garrido et al (2010), trata de ampliar las evaluaciones de la HH al ámbito económico. Se han obtenido así indicadores que refieren  $m^3/€$  de producto (ampliando el clásico de  $m^3/Tn$ , kg ó l) y  $€$  de valor de agua empleada por  $€$  de producto. El estudio provincial y temporal arrojó importantes resultados con respecto a la escasez del agua en España, indicando que, al menos desde la óptica económica, la expansión de la base de recursos se puede lograr de manera coste eficiente, reduciendo el consumo de agua empleada en cosechas de pequeño valor, y recurriendo a la adquisición de estos productos en los mercados internacionales.

## 6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La HH o el denominado 'Water Footprinting' parece un indicador abocado a inundar numerosos aspectos relacionados con la sostenibilidad. El mundo corporativo se ha interesado por este indicador, lo mismo que las grandes industrias de consumo. Algunas consultoras ofrecen ser-

vicios para calcular la HH de productos y servicios (encontrar la web), y los Gobiernos (incluido el español) y los organismos internacionales han promovido estudios de la HH.

En nuestra opinión, podemos señalar los siguientes aspectos positivos:

1. Concienciación del consumidor, interés del mundo empresarial. Los estudios de cálculo de eficiencia del agua y traducción a indicadores sencillos consituyen una línea de trabajo que irá produciendo un corpus de conocimiento más sólido y preciso con el que evaluar procesos, bienes de consumo y servicios, el consumo reaccionará antes estos indicadores y las empresas tratarán de acreditar sus mejoras, los incentivos están desplegados y el tiempo dirá en qué medida estos incentivos dan resultados.
2. Conexión e interés por las relaciones agua, sostenibilidad y comercio (para que el comercio sea sostenible, ¿es preciso que se remuneren los factores a su coste de oportunidad, ergo, hay que poner un precio al agua en todos los países; barreras no arancelarias al consumo?), El debate es absolutamente relevante y presenta aspectos de dimensión política internacional, con impacto en el marco de comercio internacional y las regulaciones que se establezcan para favorecer el comercio justo y sostenible.
3. Se calcula el uso directo e indirecto de los productos, incluyendo las tres componentes de la huella hídrica (verde, azul y gris) que representan elementos y procesos diferentes y que por tanto, no sumados ni agregados en indicadores de HH, aportan información útil sobre el patrón de sostenibilidad. Por tanto, se hace un intento de integrar toda la cadena productiva, lo cual es también el objeto de las Tablas Input-Output, pero en este caso los estudios analizan las relaciones de sectores --en la medida que la Contabilidad Nacional los desagrega -- y no en los procesos de producción. Tal vez este sea la mejor contribución de la HH, pero en parte este es también el enfoque de los análisis de ciclo de vida.

Hemos identificado también un conjunto de aspectos negativos:

1. La inclusión del agua verde en las "cuentas del agua" representa un avance significativo para lograr una gestión más integral y sostenible de los recursos hídricos. Sin embargo, todavía se desconoce la cantidad de agua verde que puede ser reasignada para uso humano sin causar perjuicios medioambientales. Esta circunstancia impide que se puedan establecer umbrales de sostenibilidad en la utilización de este recurso.
2. El bajo coste de oportunidad del agua verde promueve su mal uso y la práctica ausencia de su gestión. En ese sentido resulta imprescindible poner en valor la importancia de este recurso, haciendo explícito los múltiples servicios que genera. Un indicador unidimensional puede no ser suficiente para formular conclusiones sobre la asignación del agua: tienen participación, y mayor que el agua, otros factores como el capital, la tierra, el trabajo y la tecnología. Por ello, los autores sugieren que se debe ser prudente a la hora de establecer conclusiones de política del agua basadas en la HH. Se trata de un indicador más, pero debe ser complementado por otros.
3. El grado de agregación con el que se difunden los resultados de HH acarrea el riesgo de cometer errores importantes. Por un lado, se pretende crear unos estándares para productos y procesos (como uno de los objetivos de la Water Footprint Network), de forma que sea sencillo, realizar cálculos de la HH en cualquier circunstancia, pero por otro los estudios que se van realizando, cada vez con mayor detalle muestran las diferencias de cálculo y contexto. Por tanto, esa estandarización no es por el momento posible, ni mucho menos confiable.

## Bibliografía

- Alcock J (2003) Positive feedback and system resilience from graphical and finite-difference models: the Amazon ecosystem— an example. *Earth Interactions*, 7, article no. 5.
- Aldaya, M.M. (2007). "How strategically important is green water in international crop trade". *Dissertation for MSc in Environmental Policy and Regulation*. London School of Economics.
- Aldaya, M.M., Allan, J.A. and Hoekstra, A.Y. (2010) Strategic importance of green water in international crop trade, *Ecological Economics* 69(4): 887-894.
- Allan, J.A. (1998). "Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits". *Ground Water*, 36: 545-546.
- Allan, J.A. (2003). "Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East". In: A.Y. Hoekstra (Ed.), *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade of Water Research Series, No. 12*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements". *Irrigation and Drainage Paper*, 56.FAO, Rome. 300 p.
- Ansink,E.(2010). Refuting two claims about virtual water trade, *Ecological Economics*, Volume 69, Issue 10, 15 August 2010, Pages 2027-203
- Brouwer C., Heibloem Y. (1986). "Irrigation water needs; Irrigation Water Management". *Training Manual no 3*. FAO, Rome. 62 p.
- Camargo AMMP, et al. (2008) Dynamics and tendency of sugarcane expansion over other agricultural activities, State of São Paulo 2001-2006. *Informações Econômicas* 38:47-66.
- CDB, Convenio de la Diversidad Biológica (2010). Protocolo de Nagoya. Website: <http://www.cbd.int/>
- Chapagain, A.K. and Hoekstra A.Y. (2003). "Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products". *Value of Water Research Series No. 13*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004) Water Footprints of Nations. 2 Vol., Value of Water Research Report Series, nº 16, UNESCO-IHE.

- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004). "Water footprints of nations". *Value of Water Research Series No. 16*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2007). "The water footprints of coffee and tea consumption in the Netherlands". *Ecological Economics*, 64: 109-118.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G., Gautam, R. (2006). "The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries". *Ecological Economics*, 60: 186-203.
- Chapagain, A.K. and Orr, S. (2009). "An improved water footprint methodology to link global consumption to local water resources: A case study of Spanish tomato consumption". *Journal of Environmental Management*, 90: 1219-1228.
- Chico, D., Aldaya, M.M., Garrido, A., Llamas, M.R. and Salmoral, G. "The water footprint and virtual water exports of Spanish tomatoes". *Papeles de Agua Virtual*. Número 8. Fundación Botín.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (2007). "Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture". *Earthscan*. London.
- EEA, European Environment Agency (2010). The European environment — state and outlook 2010: synthesis. European Environment Agency, Copenhagen.
- Ewing B., D. Moore, S. Goldfinger, A. Oursler, A. Reed, and M. Wackernagel. 2010. The Ecological Footprint Atlas 2010. Oakland: Global Footprint Network.
- Falkenmark, M. (2003). "Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 358: 2037–2049.
- Falkenmark, M (1999). Forward to the future: a conceptual framework for water dependence. *Ambio* 28: 356–361.
- Falkenmark, M., Rockström, J. (2005). "Rain: The Neglected Resource". *Swedish Water House Policy Brief Nr. 2*. SIWI, Stockholm, Sweden.
- Falkenmark M. y Rockström J. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Eco-hydrology*. EarthScan (Ed), London, 247 pp.
- Foley, J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, III, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty, and P. K. Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570–574.
- Garrido, A., M. Ramón Llamas, C. Varela-Ortega, P. Novo, R. Rodríguez-Casado, M. M. Aldaya. (2010) *Water Footprint and Virtual Water Trade in Spain: Policy Implications* (Natural Resource Management and Policy) Springer.
- Gordon, L. J., W. Steffen, B. F. Jonsson, C. Folke, M. Falkenmark, and A. Johannessen (2005), Human modification of global water vapour flows from the land surface, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 102(21), 7612–7617.
- Gleick, P.H., Cooley H., Cohen M., Morikawa M., Morrison J., Palaniappan M. (2008). The World's Water 2008-2009. The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press, Washington, D.C
- Kemp-Benedict, E. & Raskin, P. (1998) Conventional worlds: technical description of bending the curve scenarios. Polestar Series Report, Stockholm Environment Institute, Boston, Massachusetts, USA.
- Hanasaki, N., Inuzuka, T., Kanae, S., Oki, T. (2010) An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model. *Journal of Hydrology* Volume 384, Issues 3-4, 30 April 2010, Pages 232-244
- Hill J, Nelson E, Tilman D, Polasky S, Tiffany D (2006) Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *PNAS* 103:11206–11210.
- Hoekstra, A.Y. (2007). "Human appropriation of natural capital: Comparing Ecological Footprint and Water Footprint analysis". *Value of Water Research Report Series No. 23*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007). "The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities". *Ecological Economics*, 64: 143-151.
- Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. (2002). "Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade". *Value of Water Research Report Series No. 11*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011) The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard, Earthscan, London, UK.
- Hoff, H. M. Falkenmark, D. Gerten, L. Gordon, L. Karlberg, and J. Rockström (2009) Greening the global water system. *Journal of Hydrology* (384), Issues 3-4: 177-186
- IGBE, Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (2010a). Censos de población por estados federales. [www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/)
- IGBE, Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (2010b). Estadísticas sobre la evolución de la producción agrícola por estados federales. [www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/)
- INE (2001). *Estadística del Agua 1999*. Gabinete de prensa, 8 de marzo del 2001. Instituto Nacional de Estadística.
- INE (2003). *Encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua 2001*. Gabinete de prensa, 1 de julio del 2003. Instituto Nacional de Estadística.
- INE (2007a). *Precipitación total en milímetros por región, estación, años y meses*. Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t43/a012/a1998/10/&file=t20015b.px&type=pcaxis>
- INE (2007b). *Encuesta de población activa*. Instituto Nacional de Estadística. [http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t22/e308\\_mnu&file=inebase&N=&L=0](http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t22/e308_mnu&file=inebase&N=&L=0)
- INM (2007). *Serie mensuales de evapotranspiración potencial y precipitación para los puntos registrados de la España Peninsular. Años 1996-2007*. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente.
- Lapola DM, et al. (2010) Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. *Proc Natl Acad Sci USA* 107:3388–3393.
- Llamas, M. R. (2005). "Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos". *Discurso Inaugural del Curso 2005/2006*. Real Academia de Ciencias Exactas, Madrid, España, 30 p

- L'Vovich, M. I., G. F. White, A. V. Belyaev, J. Kindler, N. I. Koronkevic, T. R. Lee, and G. V. Voropaev. 1990. Use and transformation of terrestrial water systems. Pages 235-252 in B. L. Turner II, W. C. Clark, R. W. Kates, J. F. Richards, J. T. Mathews, and W. B. Meyer, editors. *The earth as transformed by human action*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MAPA (2001). *Calendario de siembra, recolección y comercialización, años 1996-1998*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España, 656 p.
- MAPA (2003). *Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. Formato electrónico en: [www.libroblancoagricultura.com](http://www.libroblancoagricultura.com)
- MAPA (2005) *Anuario de Estadística Agroalimentaria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. Varios años (2003, 2001, 1998). <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>
- Meigh, J.R., McKenzie, A.A. & Sene, K.J. (1999). A grid-based approach to water scarcity estimates for eastern and southern Africa. *Water Resources Management*, 13 85–115.
- MMA (2007) *El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua*. Artículo 5 y Anejos II y III de la Directiva Marco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España, 290 p.
- Nepstad DC, Stickler CM, Almeida OT (2006) Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. *Conserv Biol* 20:1595–1603.
- Niemeyer, I y A. Garrido. "International Farm Trade: Does it Favour Sustainable Water Use Globally?" *Water & Trade* "Strategic Workshop will be held on 25-26 November 2010 at the NEMO Science Centre, Amsterdam, The Netherlands. European Science Foundation. [www.esf.org/water-trade](http://www.esf.org/water-trade)
- Novo, P., Garrido, A., Varela-Ortega, C. (2009). Are virtual water "Flows" In Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? *Ecological Economics*, 68: 1454-1464.
- Okí T. y S. Kanae. (2006) Global Hydrological Cycles and World Water Resources, *Science*, Vol. **313**. no. 5790, pp. 1068-1072.
- Postel, S., G. C. Daily. y P. R. Ehrlich (1996). *Human Appropriation of Renewable Fresh Water*. *Science* **271** (February 9): 785-788.
- Ramankutty, N., A. T. Evan, C. Monfreda, and J. A. Foley. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles* **22**:GB1003. doi:10.1029/2007GB002952.
- Rockström, J., M. Lannerstad, and M. Falkenmark (2007), Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104(15), 6253 – 6260.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* **14**(2): 32.
- Rodríguez Casado, R. , A. Garrido, M.R. Llamas y C. Varela Ortega. "La huella hidrológica de la agricultura española". *Ingeniería del Agua* 16(1): 27-40. 2009.
- Roth, E., Rosenthal, H. and Burbridge (2001). "A discussion of the use of the sustainability index: 'ecological footprint' for aquaculture production". *Aquatic Living Resources*, **13**: 461–469.
- Rosegrant M, Cai X y Cline S (2002). *World Water and Food to 2025. Dealing with Scarcity*. International Food Policy Research Institute (Eds), Washington DC.
- Salmoral, G., Aldaya, M.M., Chico, D., Garrido, A. and Llamas, M.R. The water footprint of olive oil in Spain. *Papeles de Agua Virtual*. Número 7. Fundación Botín.
- Savenije, H. H. G. (2000). "Water scarcity indicators: the deception of the numbers". *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, 25: 199–204.
- Smakhtin, V., Revenga, C. and Döll, P. (2004) A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity, *Water International* 29(3): 307-317.
- Statistics Canada (2003). *Livestock feed requirement study 1999-2001*. Agriculture Division, Statistics Canada. Ottawa, Canadá. <http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/freepub.cgi>
- UN WWAP, World Water Assessment Programme. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: UNESCO, and London: Earthscan.
- Vittor AY, Gilman RH, Tielsch J, et al. 2006. The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of *falciparum* malaria in the Peruvian Amazon. *Am J Trop Med Hyg* 74: 3–11.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Linares, A.C., Falfan, I.S.L., García, J.M., Guerrero, I.S. and Guerrero, M.G.S. (1997). "Ecological footprints of nations: How much nature do they use? - How much nature do they have?" *Centre for Sustainability Studies*, Universidad Anahuac de Xalapa.
- Wackernagel, M. and Rees, W. (1996). "Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the earth". *Gabriola Island, BC: New Society Publishers*. ISSN-1192-1285.
- Wichelns, D. (2010), *Virtual Water: A Helpful Perspective, but not a Sufficient Policy Criterion*. *Water Resour Management* (2010) 24:2203–2219
- WWAP, World Water Assessment Programme (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: UNESCO, and London: Earthscan.
- WWF (2009). *Caudales ecológicos de la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia*
- World Water Council (ed) 2004, E-conference synthesis: virtual water trade - conscious choices, viewed 31 October 2007, [www.waterfootprint.org/Reports/virtual\\_water\\_final\\_synthesis.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/virtual_water_final_synthesis.pdf)
- Yang, H. and Zehnder, A.J.B. (2002). "Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries". *World Development*, 30: 1413–1430.
- Yang, H., Wang, L., Abbaspour, K.C. and Zehnder, A.J.B. (2006). "Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade". *Hydrology and Earth System Sciences*, 10: 443-454.