

## IDENTIFICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL DISEÑO DE PROYECTOS

Ignacio Fernández Corral <sup>(1)</sup>, Luis Fernández Álvarez <sup>(1)</sup>,  
José Manuel Mesa Fernández <sup>(1)</sup>, Rocío Llera Traviesa <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Área de Proyectos de Ingeniería. Universidad de Oviedo*

### Abstract

Due to the influence of anthropic impacts on water resources in the planet, either by industrial processes or caused by acquired social habits, water is becoming an increasingly scarce in the future which will determine both the potential investment as livelihoods.

Unfortunately, in areas traditionally associated with abundance of water, there is no awareness at the time of saving it more than that resulting from the costs of their treatment or release.

This situation must change, considering in the process design the best techniques available not only for the effluent treatment but for the input quantity needs. On this theme, a new system is presented, which includes water consume models for all activities related with one industrial process, so estimations of the needs and scenario simulation can be done with the introduction of new processes.

This Works presents a methodology for the evaluation of the water footprint of projects on its design stage. Using this tool, it's expected that the water footprint of the project could be minimized in its implementation and throughout its useful life.

**Keywords:** *water footprint, project design, water pollution, fresh water*

### Resumen

Debido a los impactos antrópicos ejercidos sobre los recursos hídricos del planeta, bien a través de los procesos industriales o a los hábitos cotidianos de las sociedades, el agua está convirtiéndose en un bien cada vez más escaso que condicionará en el futuro tanto las posibles inversiones como las condiciones de subsistencia. Desafortunadamente en zonas tradicionalmente con abundancia de agua, no existe concienciación a la hora de economizar ésta más que la derivada de los costes de su tratamiento y emisión.

Esta situación debe cambiar, considerando en el diseño del proceso las mejores técnicas disponibles no sólo para el tratamiento de efluentes si no para las cantidades necesarias de entrada. En este sentido se presenta un sistema que incorpora modelos de consumo de agua de todas las actividades dentro de un proceso industrial de modo que se puedan realizar estimaciones de las necesidades y simulaciones de escenarios con la introducción de nuevos procesos.

El trabajo plantea una metodología que permita la evaluación de la huella hídrica de los proyectos en la fase de diseño. A partir de ésta se espera reducir al máximo el impacto hídrico del proyecto tanto en su ejecución como a lo largo de su vida útil.

**Palabras clave:** *huella hídrica, diseño de proyectos, contaminación hídrica, agua dulce*

## 1. Introducción

Es evidente la limitación de los recursos disponibles en el planeta y la insostenibilidad del actual desarrollo económico a largo plazo. Del mismo modo, los cada vez más limitados recursos hídricos están sometidos a una gran presión antrópica. Ésta es debida principalmente al creciente volumen de agua utilizado en los distintos procesos industriales y a los residuos producidos en éstos, y a su vez, a los hábitos cotidianos de las sociedades modernas, que provocan que este recurso limitado sea cada vez más escaso. Esta situación puede llegar a condicionar, en un futuro no muy lejano, tanto las posibles inversiones en materia de industria, como las condiciones de subsistencia. Afortunadamente, ya desde que en 1.987 se elaborara el *Informe Brundtland*, en el que se definía el Desarrollo Sostenible como aquel que “*satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*”, la concienciación ambiental cada vez ha sido mayor. Sin embargo, en las zonas en que tradicionalmente se ha contado con abundancia hídrica, esta concienciación ha sido entendida desde el punto de vista de los costes económicos de tratamiento y emisión y no desde un punto de vista ambiental.

En los ICC (International Chamber of Commerce) Business Charter for Sustainable Development se opina sobre la necesidad de que tanto los productos como los servicios deban minimizar al máximo su impacto ambiental, mejorar en seguridad, y utilizar eficientemente la energía y los recursos naturales, entre los que el agua tiene un lugar privilegiado, debiendo valorizar, reciclar o tratar adecuadamente sus desechos.

Minimizar el uso de los recursos hídricos y evitar o tratar los vertidos producidos se relaciona con el desempeño de las actividades agrícolas, industriales y residenciales.

La Directiva 2000/60/CE y su modificación, la Directiva 2008/105/CE, establecieron el principio de la autosuficiencia económica, es decir, el agua no se puede subvencionar. Éste último es uno de los graves problemas en cuanto al consumo hídrico y por ende de la huella hídrica de los productos agrícolas y ganaderos, que ha sido solucionado. A raíz de esta directiva los agricultores y ganaderos deben pagar íntegramente su consumo de agua.

En cuanto a las instalaciones existentes, aunque un uso adecuado de las mismas sería un paso importante en cuanto al ahorro hídrico, es, en opinión de muchos, el momento en que se planifica y se diseña la instalación cuando se toman las decisiones que más influyen en su ahorro. Cada instalación que implica un consumo de agua o un vertido se construye y diseña en el marco de un proyecto de ingeniería. Pero en la fase de diseño se habla de rendimientos, costes, plazos y, salvo excepciones, poco del impacto que el proyecto supone en cuanto a consumo de agua (circunstancia compartida con otros aspectos relacionados con la sostenibilidad). Sería necesario prestar la atención que merece el uso del agua en la construcción y sobre todo en el uso del resultado del proyecto. De esta forma se puede optimizar el diseño realizado minimizando el uso total de agua. Para ello se precisa de un parámetro que refleje el consumo total de agua. Y se propone la huella hídrica como el más adecuado para tal fin.

## 2. Huella ecológica

A finales de los años ochenta comienzan a aparecer una serie de indicadores para medir el impacto humano sobre el medio, y uno de estos indicadores fue la *huella ecológica* (MMA, 2008). En el año 1995, los investigadores Mathis Wackernagel y William Rees (Universidad de la Columbia Británica) definieron este término por primera vez como “*el área del territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques, o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos por una población definida,*

con un nivel de vida específico, indefinidamente, independientemente de la localización de esta área". Este índice, al agrupar la intensidad del impacto que una determinada sociedad ejerce sobre los ecosistemas, tanto por el consumo de recursos como por la generación de recursos permite definir y visualizar la dependencia de las sociedades a partir de las superficies necesarias para satisfacer un determinado nivel de consumo. De este modo, se puede calcular el área real productiva del que una comunidad humana se está apropiando ecológicamente. Si este índice es mayor a la superficie de la que dispone esa sociedad se produce un "déficit ecológico".

La metodología para su cálculo está basada en la estimación de la superficie productiva que se necesita para compensar los consumos asociados a la alimentación, a los productos forestales, al consumo energético y a la ocupación directa del suelo. Las unidades en las que se suele expresar este índice son hectáreas por habitante y año (ha/hab/año) en el caso del cálculo por habitante; o en hectáreas totales si se refiere a la población de un determinado territorio.

Para calcular estas superficies la metodología se basa en dos aspectos básicos:

- Contabilizar el consumo de las diferentes categorías en unidades físicas. Si no se dispone de datos directos de consumo, se estiman mediante la fórmula:

$$\text{Consumo Aparente} = \text{Producción} - \text{Exportación} + \text{Importación} \quad (1)$$

- Transformar éstos consumos en superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad. Para ello se calcula la superficie necesaria para satisfacer el consumo medio por habitante de un determinado producto utilizando valores de productividad:

$$\text{Huella Ecológica} = \text{Consumo} / \text{Productividad} \quad (2)$$

El consumo se obtiene de manera diferente dependiendo de la fuente de energía considerada. Y para la productividad se opta por la utilización de factores de productividad globales que hacen posible la comparación de valores de huella ecológica a escala global.

Las huellas ecológicas son instrumentos orientados inicialmente para la definición de políticas nacionales o locales, y para la concienciación personal. Así, aparecen múltiples desarrollos de calculadoras de huellas ecológicas nacionales y personales. Pero, relacionado con metodologías de evaluación de los impactos de productos y servicios como el Análisis del Ciclo de Vida, nace el concepto de huella ecológica de producto. Mediante la misma se evalúan las hectáreas necesarias para todo el ciclo de vida del producto desde la obtención de materiales necesarios para su fabricación, incluyendo su uso y la disposición final.

Figura 1: Esquema simplificado del cálculo de la huella ecológica en ha. globales. (MMA, 2008)



Para obtener la huella ecológica de un producto se puede utilizar la siguiente fórmula utilizando sus rendimientos.

$$HE_i = [(P_i - E_i)/R_{locali}] + [I_i/R_{globali}] \quad (3)$$

Donde:

$HE_i$  = Huella ecológica del producto i (ha/hab)

$P_i$  = Producción del producto i (t/hab)

$E_i$  = Exportación del producto i (t/hab)

$R_{locali}$  = Rendimiento o productividad local del producto i (t/ha)

$I_i$  = importación del producto i (t/hab)

$R_{globali}$  = Rendimiento o productividad global del producto i (t/ha)

### 3. Huella Hídrica y Agua Virtual

El estudio del agua virtual y la huella hídrica contribuyen a una gestión integrada del agua en el sentido más completo del término, teniendo en cuenta conjuntamente no sólo las aguas superficiales y subterráneas, sino también la política de importaciones y exportaciones de alimentos, y que cambia no sólo el concepto de escasez hídrica, sino también el de seguridad alimentaria (Muñoz, 2008).

El término Agua Virtual, que fue ideado por el investigador británico John Anthony Allan (King's College de Londres y la Escuela de Estudios Orientales y Africanos), surgió en el año 1.993 y se ha definido como "la cantidad real de agua requerida para la fabricación de

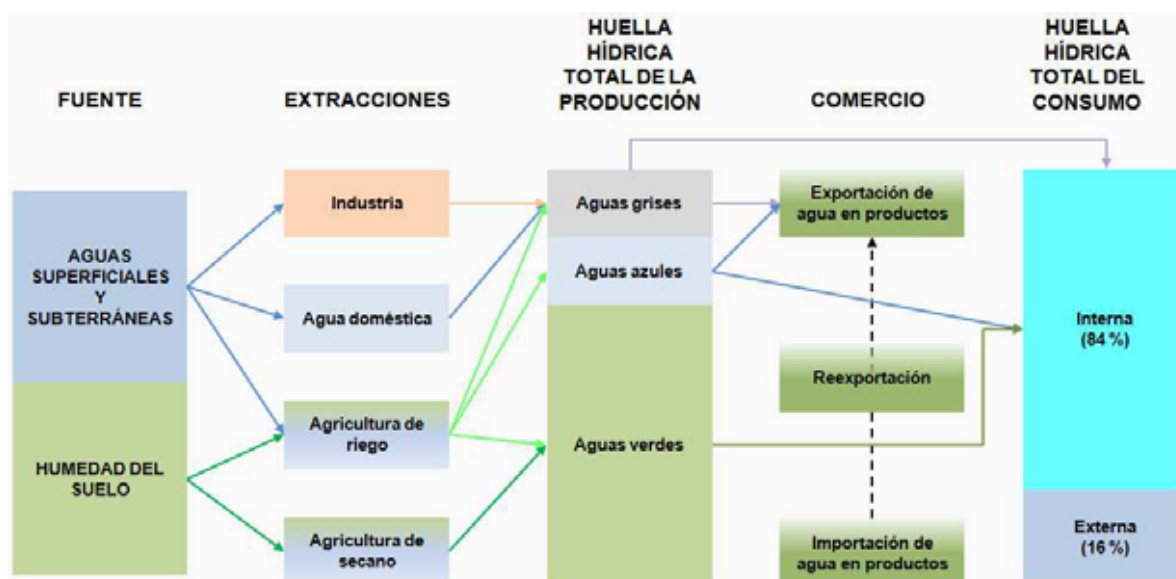
*cualquier bien, o producto agrícola o industrial, o facilitar un servicio*". Este término se refiere a la suma del gasto de agua en las diferentes etapas de la cadena de producción.

Es interesante insistir en que el adjetivo virtual está referido al hecho de que la mayoría del agua empleada no está contenida dentro del producto o servicio. Se distinguen tres tipos de agua virtual:

- Agua virtual verde: Es el volumen de agua de lluvia evaporada durante el proceso de producción. Principalmente interesante para productos agrícolas, donde se traduce en la evaporación total de agua de lluvia desde el suelo a lo largo de la fase de crecimiento del cultivo (en éste se incluye la transpiración de las plantas y otras formas de evaporación).
- Agua virtual azul: Volumen de agua superficial o subterránea que se ha evaporado como consecuencia de la fabricación de un producto. En cuanto a la producción agrícola, su valor será la suma de la evaporación del agua de riego desde el suelo, de la evaporación de agua desde los canales de riego y de la de las reservas en depósitos. En el caso de producción industrial y abastecimiento doméstico, será la parte de agua extraída del subsuelo o la superficial que se evapora y no retorna al sistema de origen.
- Agua virtual gris: Es el volumen de agua que se contamina a lo largo de la producción de un bien, servicio o producto. Se ha cuantificado calculando el volumen de agua necesario para diluir los contaminantes del proceso de producción, de tal forma que la calidad del agua ambiental permanezca por encima de los estándares admisibles de calidad de las aguas (Hoekstra, 2009).

El término Huella Hídrica fue acuñado por primera vez por el científico holandés Arjen Hoekstra (Instituto UNESCO-IHE) en el año 2002. Se define huella hídrica de un país, industria, producto, servicio o persona como "el volumen de agua necesaria para la obtención de los productos y servicios consumidos por éstos". Este término considera tanto el consumo total de agua, como las características del clima y la eficiencia. Es decir, se ha desarrollado con el fin de diseñar un indicador de uso del agua para proporcionar información útil sobre modelos de consumo para la producción de bienes y servicios.

**Figura 2: Componentes de la Huella Hídrica (Muñoz, 2008)**



Desde un inicio, la huella hídrica fue utilizada principalmente en las industrias agrícolas y ganaderas, pues son estas actividades las que mayores consumos de agua poseen. Sin

embargo, esta tendencia está cambiando, desplazándose cada vez más hacia empresas de tipo industrial. Y esto es debido a que cada vez son más las empresas que reconocen el valor de la huella hídrica en la mejora de sus procesos productivos. Su filosofía es la de que para gestionar de forma más eficiente el agua primero hay que medir y saber de dónde vienen los consumos. Este es el caso de la empresa Coca-Cola, que ha conseguido reducir el consumo de sus plantas en un diez por ciento durante los últimos cinco años. Ésta empresa utiliza actualmente 2,11 litros de agua por cada litro de Coca-Cola producido y su objetivo es llegar a los 2,02 litros para 2012.

Otros ejemplos de consumo hídrico por producto son los siguientes: se consumen 2.900 litros para fabricar una camisa de algodón, 15.500 litros por kilogramo de carne vacuna, 1.500 litros por kilogramo de azúcar de caña (Hails, 2008).

Para el cálculo del agua virtual contenida en un producto se puede tener en cuenta el trabajo de Chapagain y Hoekstra (2004). Tomaremos dos ejemplos de cálculo, uno para cultivos y otro para animales.

- El contenido de agua virtual de un cultivo se calcula como la relación entre el total de agua utilizada para su producción y el volumen total de cultivo producido:

$$WWC[c] = \frac{CWU[c]}{Producción[c]} \quad (4)$$

CWU[c]: volumen del uso del agua en las explotaciones agrícolas para la producción de cultivos.

Producción[c]: peso del cultivo producido por año.

- En cuanto al contenido de agua virtual de un animal al final de su vida útil, se calcula como el volumen total de agua que ha sido utilizada para el cultivo de la comida y el proceso de su alimentación, así como para beber, para el mantenimiento de las instalaciones y otros servicios ligados:

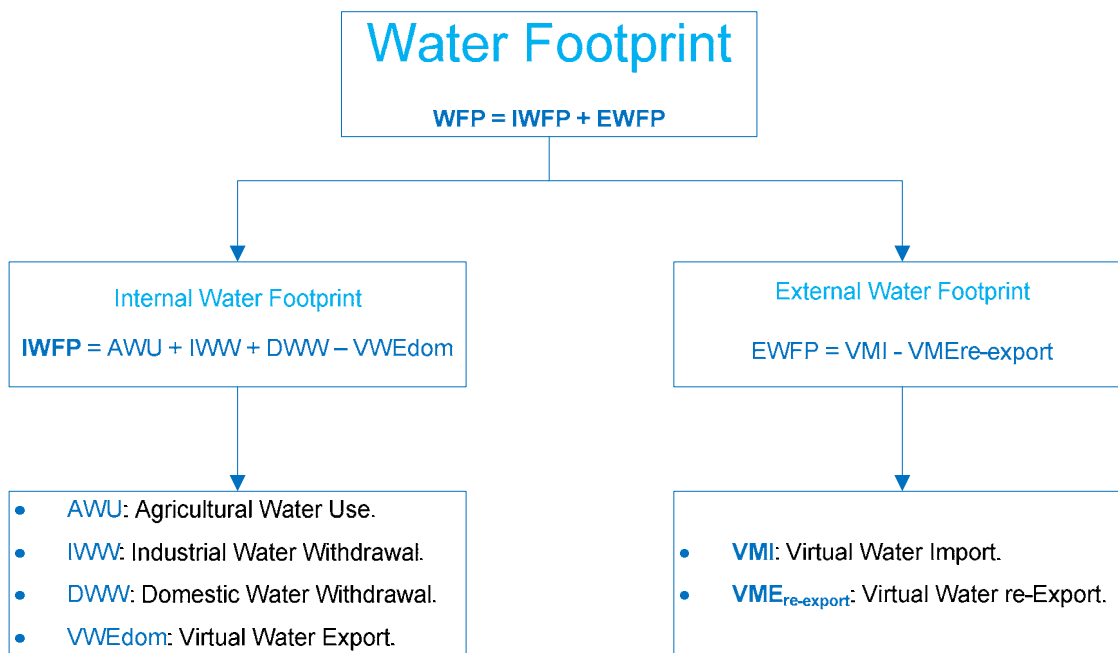
$$VWC[a] = VWComida[a] + VWChabida[a] + VWCserv[a] \quad (5)$$

**Tabla 1 Ejemplos de agua virtual (Hoekstra, 2011)**

| Productos        | Contenido en Agua Virtual (litros) |
|------------------|------------------------------------|
| Cerveza (250 ml) | 75                                 |
| Leche (200 ml)   | 200                                |
| Café (125 ml)    | 140                                |
| Zapatos          | 8000                               |
| Microchip (2 gr) | 32                                 |
| Té (250 ml)      | 35                                 |
| Patata (100 gr)  | 25                                 |

Como se desprende del informe *Water footprints of Nations* (Hoekstra, 2011), elaborado por la UNESCO, la ecuación para el cálculo de la Huella Hídrica de un país es la siguiente:

Figura 3 Cálculo de la huella hídrica



Como se puede observar en la Figura 3 la huella hídrica interna (IWFP) se calcula como la suma del volumen total del agua consumida, menos la exportación de agua virtual a otros países. Del mismo modo, la huella hídrica externa (EWFP), es calculada como el volumen de agua anual usado en otros países para manufacturar los productos o prestar los servicios consumidos en un determinado país.

El uso de agua para cultivos (AWU) es el volumen total de agua se utiliza para cultivar un determinado producto. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$AWU[c] = CWR[c] \times (Producción[c]/Rendimiento[c]) \quad (6)$$

En donde CWR (Crop Water Requirement) es el volumen de agua que consume un determinado cultivo durante toda su etapa de desarrollo en un determinado clima, medido en ha/m<sup>2</sup>.

Los cálculos sobre consumo de agua doméstica (DWW) e industrial (IWW) son realizados a partir de las estadísticas publicadas por los organismos nacionales de cada país, por lo que no se especifica ningún método de cálculo. Los primeros se refieren al consumo de agua potable y los segundos, los industriales, a todo el volumen de agua consumido en cualquier proceso industrial.

Para el agua de importación y exportación (VWE<sub>dom</sub>, VMI, VME<sub>re-export</sub>), se utilizan distintos cálculos diferenciando entre sí el contenido de agua virtual es de cultivos primarios, animales vivos, cultivos procesados y productos derivados de la ganadería, o si el flujo de esta agua virtual está relacionado con el comercio de productos agrícolas o el comercio de productos industriales.

Para estos cálculos se utilizan distintas bases de datos. Para el cálculo de la huella hídrica externa, se han utilizado datos incluidos en las bases de datos del *Personal Computer Trade Analysis System*, de la Organización Mundial del Comercio (WTO). En cuanto a datos tanto de uso de agua doméstica como industrial, se utiliza la base de datos de AQUASAT (FAO, 2003). Además de estas bases de datos se utilizan otras de datos recogidos, como pueden

ser las del Banco Mundial, Naciones Unidas, Fondo Monetario Internacional, Organización Mundial del Comercio, etc. (Hoekstra, 2009).

En el año 2009 se comenzó el estudio para crear la norma *ISO 14046 Water footprint. Principles, requirements and guidance*, y tiene prevista su finalización a finales del año 2011. Será un estándar internacional para la huella hídrica. Estos estándares especificarán los requisitos y procesos para asesorar en cuanto a la huella hídrica (Terminología, comunicación, etapas a considerar, etc.). Se usará tanto para procesos como para productos industriales y tal vez, para la huella hídrica de países.

#### **4. La Huella Hídrica en proyectos**

Desde hace unos años se ha empezado a utilizar el concepto de ingeniería sostenible, y aunque no se puede decir que sea una idea nueva, en la actualidad ha alcanzado una gran difusión, ligada a conceptos relacionados con la reducción de residuos, su reciclaje, y la reutilización de recursos y materias primas. La sostenibilidad es uno de los aspectos que se deben considerar en los proyectos ya que la forma en que son diseñados y ejecutados marca absolutamente los insumos necesarios posteriormente.

En una situación como la actual, cuando las expectativas hablan de una carestía creciente de agua, los proyectos de ingeniería no pueden ser ajenos a esta realidad. En los proyectos de orientación agrícola y ganadera, el consumo de agua se ha convertido en un parámetro importante en cuanto al diseño, pero en la mayor parte de los casos va ligado al coste económico que supone.

De hecho, cada vez son más las empresas que reconocen el valor de este indicador para mejorar sus procesos productivos. Para poder gestionar de forma más eficiente el agua primero hay que medir y saber de dónde vienen los consumos. Es necesario tener información con la que trabajar, referencias con las que comparar. Como ya se ha comentado anteriormente, empresas como Coca-Cola han evaluado la huella hídrica de sus productos (2,11 litros de agua por cada litro de producto).

Independientemente del producto, cuando se diseña una instalación es necesario conocer con antelación el consumo total de agua que va a provocar la misma, en su construcción, en su uso y en su desmantelamiento. Será necesario considerar el agua que se ha necesitado para obtener los materiales con que se construye y de igual modo, considerar la cantidad que se precisa de los materiales que luego son utilizados como insumos.

Es en la fase de diseño del proyecto donde se pueden analizar alternativas y determinar la Mejor Técnica Disponible. Pero para ello se precisa un valor que permita la comparación. Este parámetro debe reunir información de la totalidad del ciclo de vida y ser suficientemente sencillo para que su cálculo y uso no suponga una dificultad excesiva. Estas condiciones se reúnen en la huella hídrica.

Dado que las actuaciones que se realizan durante la fase de diseño del proyecto van a tener una gran repercusión sobre los impactos ambientales, el consumo de recursos, los stakeholders, los costes, etc., no tomar en consideración la huella hídrica en esta fase del proyecto sería un error.

Llegados a este punto conviene destacar la diferencia entre producto y proyecto. Los proyectos se desarrollan para producir un bien o servicio que no se ha realizado con anterioridad y que además es único, ya que incluso aunque sea un mismo tipo de proyecto, tiene diferencias significativas con el realizado anteriormente. Y ese bien o servicio que se desarrolla en los proyectos, es el producto.



Ha sido interesante aclarar esta diferencia puesto que cuando se habla de huella hídrica se cae en el error de utilizarla exclusivamente atendiendo a la de un producto o servicio y no a la del proyecto que da lugar a un producto.

Se debe considerar que la huella hídrica se puede optimizar actuando sobre las materias primas utilizadas, optimizando el rendimiento del proceso productivo, minimizando vertidos y/o depurándolos. Y esto se puede plantear como acciones de mejora futuras ajenas al momento proyectual.

Por ejemplo, un gran proyecto como es el de las Olimpiadas de Londres de 2012 ha considerado el consumo de agua como uno de sus indicadores de sostenibilidad. Durante la construcción de las instalaciones se consumirá mucha agua. Y mucha más será necesaria durante el uso de las instalaciones y complejos construidos. El uso de la huella hídrica permitirá disminuir el consumo de agua y ofrecer, al mismo tiempo, una imagen pública de interés por la sostenibilidad.

Para mejorar la huella hídrica de los proyectos deben utilizarse tecnologías de ahorro de agua, que, a su vez, y dependiendo del sector en el que se englobe el proyecto serán unas u otras, y siempre teniendo en cuenta las materias primas a utilizar.

En el caso de proyectos de obra civil se debe tener en cuenta en primer lugar el uso de agua dentro de la cadena de suministro. Es necesario calcular el número de litros de agua que son usados a fin de diseñar los elementos que se utilizarán en el proyecto de construcción, esto incluye desde el agua utilizada en la adquisición de arena, el agua usada en la fabricación de acero y otros materiales, etc. También deberá minimizarse el consumo de agua a lo largo de la vida útil del edificio, utilizando instalaciones que reduzcan y/o reaprovechen el agua; sin olvidar el consumo hídrico que se producirá al fin de su vida útil, en la etapa de desmantelamiento.

En los proyectos intensivos en energía, el uso de indicadores como la huella de carbono ya es habitual. Se pueden encontrar en algunos países, productos etiquetados por su huella de carbono. Los gases de efecto invernadero suponen un problema medioambiental muy importante, pero igualmente relevante es la escasez de agua.

## **5. Discusión de la conveniencia de la huella hídrica**

A pesar de sus ventajas, hay aspectos discutibles en la aplicación de la huella hídrica.

Al modelizar distintas alternativas tecnológicas se debe tener presente la relación con la localización. Una huella hídrica más grande en una zona donde el agua abunda y está bien gestionada, puede ser preferible a una huella hídrica menor en una zona donde hay escasez de agua. Por lo tanto, como elemento de comparación debe realizarse únicamente en lugares donde la disponibilidad de agua sea similar.

Se discute la exactitud de las bases de datos utilizadas y la dependencia de los orígenes geográficos de los materiales (que en algunos casos son difíciles de conocer). Es un problema similar a cualquier modelización de ciclo de vida, y la solución pasa por un control de la calidad de los datos utilizados.

La no existencia de estándares aceptados dificulta aún más el cálculo. Esto hace que los datos de otros fabricantes deban usarse como referencia con muchas reservas. Como ocurre en el ejemplo ya comentado anteriormente de la empresa Coca-Cola. Sin embargo si se amplía el estudio hasta incluir el cultivo de la caña de azúcar necesaria la cifra sube hasta los 500 litros.

El disponer de una única cifra como resultado hace a la huella hídrica fácil de entender, pero también fácil de manipular. La variación de límites del sistema o de las localizaciones

geográficas, los errores metodológicos, la falta de información de ciertas etapas llevan a estudios incompletos que pueden dar resultados falseados. Y si el parámetro utilizado como salida para evaluar la Mejor Técnica Disponible está falseado, es difícil esperar una decisión óptima.

Por último señalar que se empiezan a promover modelos de compensación con lo que proyectos o empresas con alta huella hídrica compensan este valor financiando proyectos de purificación y conservación. Este mecanismo se está difundiendo rápidamente con la huella de carbono

## 6. Conclusiones

El desarrollo sostenible debe ser considerado por las empresas como un requisito de importancia creciente. Es en la fase de diseño de los proyectos donde se toman las decisiones técnicas que marcan el uso de recursos en el futuro.

El agua es un recurso con crecientes problemas de escasez y carestía. En muchas zonas del planeta es un bien objeto de luchas y conflictos. El consumo de agua pasará a ser un elemento fundamental al evaluar la sostenibilidad. Y como tal debe ser considerado en los proyectos.

En la fase de diseño de los proyectos se evalúan las distintas alternativas técnicas. Pero a la hora de evaluar el consumo de agua se hace necesario extenderse más allá del ciclo de vida del proyecto. Las decisiones que se toman durante el diseño van a afectar a los materiales necesarios en la construcción. Pero la mayor parte del consumo de agua se produce habitualmente durante el uso del resultado del proyecto. No es tan relevante el agua necesaria para obtener los materiales necesarios para la construcción o el montaje o la utilizada durante la obra, como la consumida una vez que el proyecto ha sido entregado y puesto en operación. Pero los consumos en la fase de operación vienen mediatizados por las decisiones tomadas en la fase de diseño.

Se precisaría poder realizar un estudio de las distintas alternativas técnicas del proyecto, modelizando su consumo en agua. Además, debe poder realizarse de una forma relativamente sencilla y obteniendo un resultado comparable y fácil de entender.

Con estos requisitos, el parámetro más adecuado es la huella hídrica de producto. Con ella se evalúa el consumo de agua en todo el ciclo de vida del producto.

Es un parámetro relacionado con las huellas ecológicas, ampliamente conocidas y por lo tanto también puede ser un buen instrumento de comunicación para la organización que emprende el proyecto.

## 7. Referencias:

(2000/60/CE) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

(2008/105/CE) Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.

(Álvarez, 2009) Álvarez Cabal, J. V., Mesa Fernández J., Martínez Huerta, G. & Ortega Fernández, F. *La sostenibilidad en la gestión de proyectos ¿omisión o error?* (2009).

(Brundtland, 1987) Brundtland G. & Khalid M. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. UN Documents (1987)  
<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

(FAO, 2003) FAO AQUASTAT 2003. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. (2003) <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/aquastat/aquastat2003.xls>

(Hails, 2008) Hails C., Humphrey S., Loh J. & Goldfinger S. *Informe planeta vivo 2008 WWF*.

(Hoekstra, 2009) Hoekstra A., Chapagain A., Aldaya M. & Mekonnen M. *Water Footprint Manual-State of the Art 2009*.

(Hoekstra, 2011) Hoekstra A., Chapagain A., Aldaya M. & Mekonnen M. *The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard* (2011).

(Muñoz, 2008) Muñoz Veiga M. *Nuevas fuentes de agua* (2008).

(MMA, 2008) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Análisis de la Huella Ecológica de España*. (2008).

(Wackernagel, 1995) Wackernagel M. & Rees W. *Our Ecological Footprint* (1995)

### **Correspondencia:**

José Manuel Mesa Fernández. Área de Proyectos de Ingeniería - Universidad de Oviedo.

Phone: +34 985 10 42 72

Fax: +34 985 10 42 56

E-mail : [mesa@api.uniovi.es](mailto:mesa@api.uniovi.es)

URL : <http://www.api.uniovi.es>